

PCT

ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE
Bureau International



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets 5 : F04C 2/107	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 93/08402 (43) Date de publication internationale: 29 avril 1993 (29.04.93)
--	----	---

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR92/01010

(22) Date de dépôt international: 15 octobre 1992 (15.10.92)

(30) Données relatives à la priorité: 91/13530 23 octobre 1991 (23.10.91) FR

(71)(72) Déposants et inventeurs: LEROY, André [BE/BE]; 64, chaussée de Binche, Saint-Symphorien, B-7030 Mons (BE). FLAMME, Jean-Marie [FR/FR]; 23, boulevard Richard-Lenoir, F-75011 Paris (FR).

(74) Mandataire: ECREPONT, Robert; Cabinet Robert Ecrepont, 12, place Simon-Vollant, F-59800 Lille (FR).

(81) Etats désignés: CA, JP, NO, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, SE).

Publiée

*Avec rapport de recherche internationale.
Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.*

(54) Title: ROTARY MACHINE

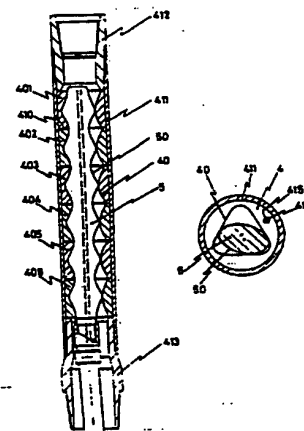
(54) Titre: MACHINE VOLUMETRIQUE ROTATIVE

(57) Abstract

The invention discloses a rotary positive displacement machine in which the closed system is constituted by a male part (5) and a surrounding female part (4), having relative planetary movement with respect to each other. It is characterized by the definition of the external surface of the male part (50) and by the specific properties which it gives to the closed system, particularly when this is of a helical type, and also by the nature of the internal contacts (40, 50) between male (5) and female (4) parts. Said machine can handle any type of fluid and operate as motor or generator. Applications are found particularly in the field of drilling motors, pumps and screw or cylinder compressors where such machines have the advantage of allowing a wide variety of shapes, few moving parts, large swept volume for a given size and, for helical machines, absolutely conjugate sliding contact surfaces.

(57) Abrégé

L'objet de l'invention est une machine volumétrique rotative dans laquelle le capsulisme est formé d'une pièce mâle (5) et d'une pièce femelle (4) qui l'entoure, en mouvement planétaire relatif. Ces machines sont caractérisées par la définition de la surface extérieure de la pièce mâle (50) et par les propriétés particulières qu'elle confère au capsulisme, notamment lorsque ce capsulisme est hélicoïdal, ainsi que par la nature des contacts intérieurs (40 et 50) entre pièces mâle (5) et femelle (4). Les machines objet de l'invention peuvent véhiculer tout type de fluide et fonctionner en machines motrices ou génératrices. Elles trouvent leurs applications notamment dans le domaine des moteurs de forage, des pompes et des compresseurs à vis ou cylindriques, où elles offrent l'avantage d'une grande richesse de formes, d'un faible nombre de pièces mobiles, d'une grande cylindrée dans un encombrement donné et, pour les machines hélicoïdales, de surfaces de contact rigoureusement conjuguées de glissement.



UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	FR	France	MR	Mauritanie
AU	Australie	GA	Gabon	MW	Malawi
BB	Barbade	GB	Royaume-Uni	NL	Pays-Bas
BE	Belgique	GN	Guinée	NO	Norvège
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	NZ	Nouvelle-Zélande
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	PL	Pologne
BJ	Bénin	IE	Irlande	PT	Portugal
BR	Brsil	IT	Italie	RO	Roumanie
CA	Canada	JP	Japon	RU	Fédération de Russie
CF	République Centrafricaine	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CG	Congo	KR	République de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	LI	Liechtenstein	SK	République slovaque
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Sénégal
CM	Cameroun	LU	Luxembourg	SU	Union soviétique
CS	Tchécoslovaquie	MC	Monaco	TD	Tchad
CZ	République tchèque	MG	Madagascar	TG	Togo
DE	Allemagne	ML	Mali	UA	Ukraine
DK	Danemark	MN	Mongolie	US	Etats-Unis d'Amérique
ES	Espagne			VN	Viet Nam
FI	Finlande				

Machine volumétrique rotative

L'invention se rapporte à une machine volumétrique rotative dans laquelle le capsulisme est formé par une pièce mâle et une pièce femelle (corps tubulaire) qui l'entoure.

5 Dans cette machine, la surface extérieure de la pièce mâle, que nous appelons surface mâle, et la surface intérieure de la pièce femelle, que nous appelons surface femelle, sont des surfaces hélicoïdales dont les axes sont parallèles et distants d'une longueur que nous désignons par E.

10 Ces surfaces sont définies autour de ces axes par le profil nominal qu'elles présentent dans toute section perpendiculaire aux axes (section droite) et par leur pas respectifs P_m et P_f .

15 La délimitation du volume des chambres de travail du capsulisme ainsi que la progression axiale de ces chambres, qui caractérise ce type de machine quand P_m et P_f sont finis, résultent des contacts en principe linéiques entre la surface mâle et la surface femelle, que
20 le mouvement relatif de ces deux surfaces déplace dans l'espace.

Dans les machines que nous considérons ici, la directrice de la surface mâle, que nous appelons profil mâle, a un ordre de symétrie n_m autour de son centre qui est le point
25 de percée O_m de l'axe de la surface mâle dans le plan du profil. Ce profil est inscrit dans la couronne circulaire de centre O_m , de largeur $2E$ et de rayon moyen R^o_m (couronne contenant le profil mâle).

30 La directrice de la surface femelle, que nous appelons profil femelle, a un ordre de symétrie $(n_m + 1)$ autour de son centre qui est le point de percée O_f de l'axe de la surface femelle dans le plan du profil. Ce profil est inscrit dans la couronne circulaire de centre O_f , de largeur $2E$ et de rayon moyen $R^o_f = R^o_m + E$ (couronne
35 contenant le profil femelle).

-2-

Le rayon moyen R^m peut être considéré comme le paramètre déterminant l'échelle de la section droite du capsulisme et le paramètre E comme un paramètre de forme. Le rapport des pas des surfaces mâle et femelle est déterminé par les ordres de symétrie des profils selon

$$P_f/P_m = (n_m + 1)/n_m.$$

Dans les machines considérées, la pièce mâle est en mouvement planétaire relatif par rapport à la pièce femelle. La première rotation de ce mouvement planétaire amène l'axe de la surface mâle à décrire, à une vitesse quelconque ω , un cylindre de révolution de rayon E autour de l'axe de la surface femelle. La seconde rotation composant le mouvement planétaire relatif amène la pièce mâle à tourner autour de l'axe de la surface mâle à la vitesse $(-\omega/n_m)$.

Enfin, quand P_m et P_f sont finis, le fluide avec lequel la machine échange de l'énergie peut être admis par une section droite d'extrémité du capsulisme et s'en échapper par son autre extrémité, sans aucun artifice de distribution.

Les machines connues répondant à cette description, dans lesquelles P_m et P_f sont finis, sont notamment utilisées comme moteurs de fond dans les forages pétroliers, gaziers ou géothermiques, où leur forme extérieure cylindrique élançée est directement valorisable. Dans ces moteurs, la pièce femelle appartient le plus souvent au stator et le mouvement planétaire relatif de la pièce mâle par rapport à cette pièce femelle s'identifie donc à son mouvement absolu. Les profils mâle et femelle des surfaces hélicoïdales utilisées dans ces machines sont décrits par W. TIRASPOLSKY (Les moteurs de fond hydrauliques, cours de forage, pages 258 et 259, Editions TECHNIP PARIS 15^e): le profil mâle est censé être la courbe à distance uniforme D de la trochoïde ordinaire d'ordre de symétrie n_m et le profil femelle de rayon moyen $R^m + E$ est censé être la courbe à la même distance uniforme D de la trochoïde ordinaire d'ordre de symétrie $(n_m + 1)$.

-3-

Si les courbes à distance uniforme des trochoïdes ordinaires étaient matérialisées rigoureusement, ces deux profils présenteraient en permanence ($n_m + 1$) points de contact et, venant périodiquement en conformité le long des arcs de cercle de rayon D centrés sur les points de rebroussement des trochoïdes ordinaires, permettraient d'isoler en permanence les chambres de travail par les contacts entre les surfaces mâle et femelle.

Malheureusement, les courbes à distance uniforme de toute trochoïde ordinaire présentent toujours des rebroussements et ne sont donc pas matérialisables rigoureusement; consciemment ou inconsciemment, on réalise donc les profils mâle et femelle amputés de leurs rebroussements, avec pour conséquences que ces profils approximatifs présentent des points anguleux (faiblement marqués), mais surtout ne sont plus rigoureusement conjugués sur tout leur périmètre et sont donc en principe inutilisables pour constituer un capsulisme où les surfaces de contact sont rigides. On tourne la difficulté de la manière suivante :

le profil femelle est formé dans une masse d'élastomère dont les déformations locales évitent la fuite ou l'interférence des profils. Toutefois, ces déformations parasites se traduisent par d'importantes pertes organiques et un fonctionnement très dur de la machine, qui en limitent l'utilisation aux cas où elle est irremplaçable.

Les machines conformes à l'invention éliminent ces inconvénients en proposant des profils mâles et femelles dont l'association présente des propriétés nouvelles ou inexploitées.

Dans les machines objet de l'invention, le profil mâle jouit des propriétés suivantes :

- il présente un ordre de symétrie n_m par rapport à son centre O_m et une symétrie par rapport aux demi-droites issues de O_m passant par les points de rayon polaire extrémal, ces rayons polaires étant déterminés par rapport

-4-

à O_m ,

- entre deux rayons polaires extrêmes successifs, un point courant U qui parcourt le profil depuis le point de rayon polaire maximal (R_{max}) jusqu'au point de rayon polaire minimal (R_{min}) détermine un rayon polaire dont la décroissance est monotone,
- dans son parcours défini ci-dessus, le point courant U passe par un point A , fixe sur le profil, dont le rayon polaire RA_0 , sa dérivée première RA_1 par rapport à l'angle polaire et sa dérivée seconde RA_2 par rapport à l'angle polaire satisfont aux deux conditions suivantes :

$$n_{mE} = RA_0 \cdot \sin\{\arctg(-RA_1/RA_0)\}$$

$$RA_2/RA_0 = - (RA_1/RA_0)^4$$

avec

$$R_{max} - R_{min} = 2 E .$$

- Ces conditions analytiques traduisent les deux propriétés géométriques suivantes des profils mâles utilisés dans les machines conformes à l'invention :
 - la normale g_A au profil mâle en A est tangente à la circonférence C_{pm} , centrée en O_m , de rayon n_{mE} , en un point $A_1 = A_2$,
 - la normale g_U en tout point courant U distinct de A coupe la circonférence C_{pm} en deux points réels distincts U_1 et U_2 .

Dans les machines objet de l'invention où P_m et P_f sont finis, le profil femelle s'identifie à l'enveloppe extérieure matérialisable complète d'un profil mâle satisfaisant aux conditions précédentes dans son mouvement planétaire relatif.

On peut remarquer qu'avec la définition du profil mâle des machines objet de l'invention, $(n_m + 1)$ points de contact existent en permanence entre les profils mâle et femelle. Nous appelons de tels points, points de conduite. Ces

-5-

- points parcourent, dans un seul sens, la totalité du profil mâle et chacun d'eux parcourt, dans un mouvement de va-et-vient, l'un parmi $(n_m + 1)$ arcs disjoints du profil femelle, que nous appelons arcs de conduite. En outre il existe, pour certaines positions relatives seulement des pièces mâle et femelle, un point de contact supplémentaire entre le profil mâle et le profil femelle. Nous appelons ce point, point de fermeture. Sur le profil mâle, ce point parcourt, dans un seul sens, tous les segments tels que R_{maxA} ; sur le profil femelle, ce point décrit successivement et dans le même sens, $(n_m + 1)$ arcs disjoints. Nous appelons ces arcs arcs de fermeture; ils se raccordent tangentielllement aux arcs de conduite en $2(n_m+1)$ points de jonction J.
- Dans les machines objet de l'invention, chaque point tel que A appartenant au profil mâle vient successivement en contact avec tous les points de jonction J appartenant au profil femelle et avec eux seulement, dans le mouvement planétaire relatif du profil mâle par rapport au profil femelle.
- Des propriétés du profil mâle et des relations entre les points A du profil mâle et les points J du profil femelle, résultent les propriétés suivantes des arcs de conduite appartenant aux profils femelles utilisés dans les machines conformes à l'invention :
- la normale g_J en un point J limitant un arc de conduite est tangente à la circonférence C_{fm} , centrée en O_f , de rayon $(n_m + 1)E$, en un point $J_1 = J_2$,
 - la normale g_C en tout point courant C, distinct de J, appartenant à l'arc de conduite, coupe la circonférence C_{fm} en deux points réels distincts C_1 et C_2 .
- En application de ce qui précède, il existe deux manières de définir les profils mâles d'une machine conforme à l'invention : une première manière, qui constitue une méthode générale et qui est indirecte, et une seconde manière qui est directe mais limitée.

FEUILLE DE REMPLACEMENT
ISA/EP

-6-

Nous présentons d'abord la méthode générale. Selon cette méthode, on procède comme suit:

- On construit un demi-arc de conduite d'extrémités M et J, tel

5 1°) que M soit à la distance R_m^o du centre O_f , la normale g_m au demi-arc de conduite en M passant par O_f et coupant par conséquent la circonférence C_{pf} en deux points diamétralement opposés M_1 et M_2 [on impose que R_m^o soit supérieur à $(n_m - 1)E$ et que l'angle $(M O_f J)$ soit

10 inférieur à $2\pi/(n_m + 1)$],
2°) que J soit à la distance R_J (supérieure à R_m^o) du centre O_f et que la normale g_J au demi-arc de conduite en J soit tangente à la circonférence C_{pf} au point J_1 confondu avec le point J_2 ,

15 3°) que pour tout point C compris entre M et J, la normale g_C au demi-arc de conduite coupe la circonférence C_{pf} en deux points C_1 et C_2 , le point C_1 se déplaçant de M_1 vers J_1 et le point C_2 se déplaçant de M_2 vers J_2 , lorsque C parcourt le segment MJ. En dehors de ces contraintes, le

20 demi-arc de conduite est choisi librement.
- On reproduit symétriquement par rapport à g_m le demi-arc de conduite. On définit ainsi un arc de conduite complet.

- On répète cet arc de conduite n_m fois, par rotation autour de O_f de l'angle $2\pi/(n_m + 1)$, pour respecter

25 l'ordre de symétrie du profil femelle.
- On détermine, par les techniques classiques de la cinématique, l'enveloppe intérieure Γ_{im} de l'ensemble des arcs de conduite dans le mouvement planétaire imposé. Cette enveloppe Γ_{im} présente, par rapport au centre O_m , un

30 ordre de symétrie n_m .

- On vérifie que cette enveloppe Γ_{im} ne présente pas de points doubles et que, si on la parcourt à partir du point de rayon polaire maximal vers le point de rayon polaire minimal immédiatement voisin, le rayon polaire décroît de

35 manière monotone. Si cette condition n'est pas satisfaite, il faut modifier la définition de l'arc de conduite et

-7-

recommencer la démarche de construction de l'enveloppe Γ_{im} . Lorsque la condition est satisfaite, l'enveloppe Γ_{im} présente toutes les particularités que l'on impose aux profils mâles dans le cadre de cette invention et définit un profil mâle possible.

5 - On cherche ensuite l'enveloppe extérieure Γ_{ef} du profil mâle dans le mouvement planétaire imposé. Cette enveloppe Γ_{ef} contient évidemment l'ensemble des $(n_m + 1)$ arcs de conduite ainsi que les $(n_m + 1)$ arcs de fermeture. Elle s'identifie donc au profil femelle complet.

10 On observera que l'arc de conduite peut en principe présenter des points à variation brusque de courbure et même des points anguleux pour autant que ces points respectent la symétrie imposée à l'arc de conduite; en particulier, l'arc de conduite peut être une ligne polygonale.

15 Le procédé le plus simple pour construire un arc de conduite infiniment continu en tous ses points est le suivant :

20 On définit un premier segment de référence Γ_{f1} qui s'identifie à un segment de droite perpendiculaire en M à g_m ; on définit un second segment de référence Γ_{f2} qui s'identifie à un arc de circonférence centré sur g_m à une distance R_{f2} de O_f telle que R_{f2} soit supérieur à R^o_m . Le rayon de cet arc de circonférence est égal à $R_{f2} - R^o_m$. On

25 compose linéairement, à angle polaire constant, les rayons polaires des courbes Γ_{f1} et Γ_{f2} avec les coefficients de pondération respectifs μ_1 et μ_2 , tels que $\mu_1 + \mu_2 = 1$. Le segment qui en résulte s'identifie à un demi-arc de

30 conduite possible.

Nous présentons ensuite la manière directe pour définir des machines conformes à l'invention. Cette manière de faire revient à rechercher expérimentalement des profils mâles qui satisfont aux conditions énoncées plus haut. Il s'agit nécessairement de courbes dont la définition

35 algébrique permet de satisfaire à ces conditions.

-8-

L'expérience conduit à retenir la famille des hypertrochoïdes dont l'équation dans le plan complexe O_mXY où O_mX est porté par un demi-axe de symétrie du profil mâle sur lequel son rayon polaire est maximal s'écrit :

$$ZU = XU + iYU = R_m^0 \exp(i\kappa) + E[1 + (k/2)(n_m - 1)] \exp[(1 - n_m)\kappa] \dots$$

$$\dots - kE[(1/2)(n_m - 1)] \exp[(1 + n_m)\kappa] \quad (I)$$

équation dans laquelle $\exp i$ désigne la fonction exponentielle imaginaire, dans laquelle l'angle κ est le paramètre de configuration relatif au point courant U et dans laquelle on fait au choix $k=1$ ou $k=0$ mais dans laquelle n_m doit être supérieur à 1. On observera que quand $k=0$, l'hypertrochoïde dégénère en une hypotrochoïde raccourcie, mais cette dégénérescence maintient la courbe dans l'ensemble des hypertrochoïdes qui contient le sous-ensemble des trochoïdes.

Le choix de l'excentricité relative E/R_m^0 n'est pas entièrement libre; quand on choisit $k=1$, l'excentricité relative est limitée par la condition :

$$E/R_m^0 \leq 1/(n_m^2 - 1),$$

car le profil mâle devient bouclé au delà de la valeur limite, et quand on choisit $k=0$, l'excentricité relative est limitée par la condition :

$$E/R_m^0 < 1/(n_m - 1),$$

qui impose à l'hypotrochoïde d'être raccourcie.

Dans ces deux profils, la normale gu au point courant U passe par le point U_1 d'affixe :

$$ZU_1 = n_m E \exp[(1 - n_m)\kappa]$$

et cette normale coupe la circonférence C_{pm} en un second point U_2 toujours réel, qui, quand le point U parcourt le

-9-

profil, vient périodiquement en coïncidence avec le point U_1 . Ce point U_2 détermine un angle γ tel que :

$$Z_{U2} = n_m E \exp i \gamma .$$

5 L'affixe (Z_C) d'un point courant C appartenant à un arc de conduite s'écrit, dans le même plan complexe que celui où l'on a écrit l'équation du profil mâle et dans lequel le centre O_f du profil femelle occupe la position particulière O^*f définie par son affixe $Z_{O^*f} = -E$:

$$Z_C = Z_U \exp i [(-1/n_m + 1)\gamma] - E \{1 - \exp i [(n_m/n_m + 1)\gamma]\} \quad (II)$$

10 les n_m autres arcs de conduite se correspondant dans la symétrie d'ordre $(n_m + 1)$ autour du point O^*f .

Les arcs de fermeture du profil femelle appartiennent à une hypertrochoïde à points doubles, d'ordre de symétrie $(n_m + 1)$ autour de O^*f . L'affixe (Z_F) d'un point courant F
15 appartenant à cet arc de fermeture s'écrit, dans le même plan complexe que celui où est précisée l'équation des arcs de conduite :

$$Z_F = Z_U \exp i \{[(n_m - 1)/(n_m + 1)]\kappa\} \dots \\ \dots - E + E \exp i \{[n_m(n_m - 1)/(n_m + 1)]\kappa\} \quad (III)$$

20 On peut également, lorsque $k=0$ dans l'équation (I), adopter comme profils mâle et femelle, pour R^o_m et E donnés, toute courbe à la distance uniforme D des profils mâle et femelle définis par les équations ci-dessus. Il suffit que les profils ainsi définis forment un capsulisme
25 fictif où l'entraxe E est identique à celui du capsulisme réel, où la couronne contenant le profil mâle a un rayon moyen égal à $R^o_m - D$ et où la couronne contenant le profil femelle a un rayon moyen égal à $R^o_m + E - D$, la distance D étant comptée positivement dans le sens centrifuge et
30 toute courbe à une distance D négative des profils formant le capsulisme fictif ne pouvant être retenue que si elle

-10-

ne présente aucun point double.

L'extrapolation aux courbes uniformément distantes n'élargit l'ensemble des solutions possibles que si $k=0$, car si $k=1$, les courbes à distance uniforme des hypertrochoïdes mâles appartenant aux capsulismes fictifs, restent des hypertrochoïdes répondant à l'équation (I), ce qui entraîne l'invariance du profil femelle aussi.

Quelle que soit la manière dont sont définies les machines conformes à l'invention, c'est le mouvement du point de fermeture qui, venant en contact successivement dans un ordre déterminé et immuable avec tous les points de conduite, permet de faire apparaître, croître, décroître, puis disparaître dans chaque section droite du capsulisme, la section d'une chambre de travail. Cette propriété rend l'association de profils utilisable pour constituer des capsulismes hélicoïdaux originaux qui se distinguent notamment de ceux qui sont connus par le fait que les chambres s'y ferment axialement en pointe et non par la venue en conformité de deux arcs de circonférence. Cette fermeture en pointe se produit au moment où le point J d'un profil femelle vient en coïncidence avec le point A d'un profil mâle.

Les surfaces hélicoïdales mâle et femelle des machines conformes à l'invention sont les seules surfaces trouvées jusqu'à présent qui peuvent appartenir toutes les deux simultanément à des pièces rigides. Elles sont l'une et l'autre usinables. Elles permettent de surcroît une adaptation des formes à des exigences particulières par la richesse de la définition des profils mâles et femelles qu'elles utilisent.

Dans les machines conformes à l'invention, les surfaces hélicoïdales peuvent dégénérer en surfaces cylindriques, les inverses des pas mâle ($1/P_m$) et femelle ($1/P_f$) tendant vers zéro. Ces surfaces sont alors entièrement définies par leur section droite. Les chambres de travail sont fermées axialement par des flasques et le fluide peut être admis radialement dans le capsulisme et/ou s'en échapper

-11-

de la même manière.

Dans ce cas de dégénérescence, on exclut des machines conformes à l'invention celles dont le profil mâle est une hypertrochoïde.

5 Dans les capsulismes cylindriques des machines conformes à l'invention, les arcs de fermeture ne sont plus indispensables à la fermeture des chambres. Ils peuvent être remplacés par des arcs qui leur sont extérieurs avec lesquels le profil mâle ne vient plus en contact.

10 Qu'elles comportent un capsulisme hélicoïdal ou cylindrique, les machines conformes à l'invention se prêtent à toutes les combinaisons de mouvements absolus permettant de réaliser le mouvement planétaire relatif de la pièce mâle par rapport à la pièce femelle. En fait deux
15 possibilités présentent un intérêt pratique évident.

Selon une première possibilité, qui est celle généralement utilisée pour réaliser des moteurs de fond destinés aux forages pétroliers, gaziers ou géothermiques, la pièce femelle appartient au stator, la surface et le profil
20 femelles pouvant alors être qualifiées de statoriques. Le mouvement planétaire relatif de la pièce mâle devient absolu et la pièce mâle constitue le rotor de la machine.

Si, pour des raisons tribologiques notamment, la partie du stator limitée par la surface statorique doit être constituée d'une couche d'élastomère, l'épaisseur de cette
25 couche peut être limitée à un minimum, puisque les surfaces statorique et rotorique étant rigoureusement conjuguées de glissement, aucune déformation locale ne doit être prévue pour pallier un défaut d'engrènement. Il
30 en résulte en particulier une réduction et une régularisation des résistances parasites au mouvement.

Quand le mouvement de la pièce mâle est un mouvement planétaire absolu, ce mouvement peut résulter des seuls contacts entre la pièce mâle et les parties de la surface
35 femelle qui ont pour directrice les arcs de conduite. Dans ce cas, la pièce mâle peut être liée à un arbre primaire coaxial à la surface femelle par une chaîne cinématique ouverte constituée successivement d'une liaison torique,

-12-

5 d'un arbre intermédiaire et d'une seconde liaison torique, un palier de butée étant interposé entre l'arbre primaire et le stator pour empêcher toute translation de la pièce mâle selon son axe. On remarquera en outre que l'on ne sort pas du cadre de l'invention si on remplace la chaîne cinématique ouverte qui vient d'être décrite par tout système mécanique qui donne à la pièce mâle et à l'arbre primaire la même liberté relative que celle de cette chaîne cinématique.

10 Dans ce même cas où le mouvement de la pièce mâle est un mouvement planétaire absolu, ce mouvement peut résulter de l'articulation de la pièce mâle sur un arbre coudé en liaison rotoïde avec le stator, autour de l'axe de la surface femelle et de l'existence d'une transmission de rapport n_m/n_{m+1} liant les pièces mâle et femelle.

20 Selon une seconde possibilité de création du mouvement planétaire relatif, que l'on peut notamment exploiter pour réaliser des compresseurs à vis, la pièce mâle est en liaison rotoïde avec un stator autour de l'axe de la surface mâle et la pièce femelle est en liaison rotoïde avec le stator autour de l'axe de sa surface intérieure (surface femelle), le mouvement planétaire relatif étant imposé par une transmission de rapport n_m/n_{m+1} liant les pièces mâle et femelle.

25 Dans toute machine conforme à l'invention qui comporte un arbre coudé et dans celles où les pièces mâle et femelle sont en liaison rotoïde avec le stator, la transmission de rapport n_m/n_{m+1} liant les pièces mâle et femelle peut résulter des contacts directs entre la surface mâle et les parties de la surface femelle qui ont pour directrice les arcs de conduite, si le fluide avec lequel la machine échange de l'énergie est un liquide possédant une action lubrifiante sur les surfaces en contact, ou un gaz chargé d'un tel liquide. Sinon, les tolérances sur les surfaces mâle et femelle doivent autoriser un faible jeu dans leur engrenement et le mouvement planétaire relatif doit être imposé par une transmission extérieure au capsulisme, qui

-13-

impose le jeu.

Quels que soient les mouvements absolus animant les pièces mâle et femelle, la pièce femelle (corps tubulaire) peut être réalisée en plusieurs tronçons identiques, de faible élan-
5 élan- cement, limités par des plans perpendiculaires à l'axe, repérés et assemblés pour constituer un seul organe.

Les figures 1 à 27 visualisent des particularisations et des applications de ce qui précède.

10 La figure 1 est relative à l'état de la technique.
Les figures 2 à 6 illustrent la méthode générale de définition de profils mâle et femelle pour des machines conformes à l'invention.

15 Les figures 7 et 8 sont relatives à la définition directe de profils mâles pour des machines conformes à l'invention.

Les figures 9 et 10 sont relatives à la construction de profils femelles conjugués aux profils mâles des figures 7 et 8 respectivement.

20 Les figures 11 à 19 montrent, à plus petite échelle, l'évolution de la section droite d'une chambre délimitée par les profils construits aux figures 7 et 9 respectivement, cette évolution étant une caractéristique essentielle de toute machine conforme à l'invention,
25 qu'elle identifie sans ambiguïté par apport à toute machine connue.

Les figures 20 et 21 représentent respectivement une machine conforme à l'invention dans laquelle le corps tubulaire (pièce femelle) est fixe dans le stator et, à plus grande échelle, le capsulisme hélicoïdal
30 correspondant.

La figure 22 est extraite de la figure 21 et représente, à plus grande échelle encore, stator enlevé, les lignes de contact de la surface mâle avec la surface femelle et la manière dont ces lignes délimitent les chambres du
35 capsulisme.

Les figures 23 et 24 représentent, dans ce qu'elle a

FEUILLE DE REMPLACEMENT
ISA/EP

-14-

d'essentiel, une machine conforme à l'invention, comportant un capsulisme hélicoïdal, dans laquelle la pièce mâle et la pièce femelle sont chacune en liaison rotoïde avec le stator.

5 Les figures 25 et 26 montrent deux coupes dans une machine conforme à l'invention, dans laquelle le corps tubulaire (pièce femelle) est fixe dans le stator, qui comporte un arbre coudé et dont le capsulisme est cylindrique.

10 La figure 27 représente une machine conforme à l'invention comportant un capsulisme hélicoïdal dont le corps tubulaire est réalisé en plusieurs tronçons identiques.

La figure 1 rappelle la construction du point courant U_0 d'une trochoïde ordinaire Γ_{ord} de centre O et d'ordre de symétrie n , pour une valeur du paramètre de configuration qui situe le point U_0 au voisinage d'un point de rebroussement B_0 . La figure montre aussi la construction du point U de la courbe Γ_{eq} à distance uniforme D de cette trochoïde Γ_{ord} , pour la même valeur du paramètre de configuration κ .

15 On reconnaît la circonférence de base Γ_b de centre O et la circonférence roulante Γ_r de centre O' , ces deux circonférences étant tangentes en I .

20 Au point U_0 , la normale gu à la trochoïde ordinaire passe par le point I et le point U de la courbe Γ_{eq} s'obtient en portant sur cette normale la distance $D = U_0U$.

25 Au point de rebroussement B_0 de Γ_{ord} correspond un point de rebroussement B de Γ_{eq} ; mais, entre U et B , le basculement de la normale gu rend inévitable l'existence dans Γ_{eq} d'un autre point de rebroussement U^* ; la courbe Γ_{eq} présente donc un arc rentrant U^*B et le profil contenant Γ_{eq} qui se prolonge au delà de B par une circonférence Γ_c de centre B_0 ne peut être matérialisé rigoureusement.

30 La figure 2 illustre les propriétés imposées au profil

FEUILLE DE REMPLACEMENT
ISA/EP

-15-

5 mâle 1. On y distingue la circonférence C_{pm} de centre O_m et de rayon n_mE , les points U et A appartenant à un arc du profil mâle limité par deux points de rayon polaire extrémal successifs, les normales g_U et g_A ainsi que les intersections de ces normales avec la circonférence C_{pm} en les points respectifs U_1 et U_2 , $A_1 = A_2$.

10 La figure 3 illustre les propriétés de l'arc de conduite 2 appartenant au profil femelle de la machine schématisée à la figure 4. On y distingue la circonférence C_{pf} de centre O_f et de rayon $(n_m+1)E$, les points M , J et C appartenant à un demi-arc de conduite, les normales g_M , g_J et g_C ainsi que les intersections de ces normales avec la circonférence C_{pf} en les points respectifs M_1 et M_2 , $J_1 = J_2$, C_1 et C_2 .

15 La figure 4 montre une modélisation réalisée sur ordinateur de profils mâle et femelle d'une machine conforme à l'invention où le demi-arc de conduite est caractérisé par les paramètres suivants définis selon la méthode indirecte:

20 $R^o_m = 40 \text{ mm}$
 $E = 10 \text{ mm}$
 $R_{f2} = 100 \text{ mm}$
 $\mu_2 = 0,8$
 $n_m = 2$

25 Sur cette figure, apparaissent le centre O_m du profil mâle, la section droite 5 de la pièce mâle et la section droite 4 de la pièce femelle.

30 Les figures 5 et 6 montrent, avec les notations de la figure 4, deux autres modélisations de machines conformes à l'invention, caractérisées respectivement par les paramètres suivants définis selon la méthode indirecte:

$R^o_m = 52 \text{ mm}$
 $E = 24 \text{ mm}$

-16-

$$R_{f2} = 200 \text{ mm}$$

$$\mu_2 = -0,5$$

$$n_m = 1$$

et

$$R_m^\circ = 40 \text{ mm}$$

$$E = 4,5 \text{ mm}$$

5

$$R_{f2} = 100 \text{ mm}$$

$$\mu_2 = 2$$

$$n_m = 3.$$

10 La figure 7 montre la construction géométrique du point courant U d'un profil mâle 1 appartenant à une machine conforme à l'invention, dans le cas particulier où le profil mâle s'identifie à une hypertrochoïde répondant à l'équation (I) avec $n_m = 2$, $k = 1$ et $E/R_m^\circ = 1/4$ (premier exemple de la manière directe de définir un profil mâle).

20 Le profil est construit dans le système d'axes O_mXY et le point U correspond à une valeur courante κ du paramètre de configuration. Le vecteur O_mU résulte de la composition, selon l'équation (I), d'un premier vecteur O_mV de module R_m° incliné de l'angle κ sur l'axe O_mX , d'un second

25 vecteur VW de module $3E/2$ incliné de l'angle (-2κ) sur le premier et d'un troisième vecteur WU de module $E/2$ incliné de l'angle $(4\kappa + \pi)$ sur le second. La normale gu en U passe par le point U_1 de la circonférence C_{pm} de centre O_m et de rayon $n_mE = 2E$ tel que O_mU_1 est incliné de l'angle

30 $(-\kappa)$ sur l'axe O_mX et elle coupe une deuxième fois la circonférence C_{pm} au point U_2 qui détermine l'angle $\gamma = (O_mX, O_mU_2)$.

35 La figure 8 montre la construction géométrique du point courant U d'un profil mâle 1 appartenant à une machine conforme à l'invention, dans le cas particulier où le profil mâle s'identifie à une hypertrochoïde répondant à l'équation (I) avec $n_m = 2$, $k = 0$ et $E/R_m^\circ = 1/4$ (deuxième exemple de la manière directe de définir un profil mâle).

-17-

Le profil est construit dans le système d'axes O_mXY et le point U correspond à une valeur courante κ du paramètre de configuration. Le vecteur O_mU résulte de la composition, selon l'équation (I), d'un premier vecteur O_mV de module R^o_m incliné de l'angle κ sur l'axe O_mX et d'un second vecteur VU de module E incliné de l'angle (-2κ) sur le premier. La normale gu en U passe par le point U_1 de la circonférence C_{pm} et coupe une deuxième fois cette circonférence au point U_2 qui détermine l'angle γ comme ci-dessus.

La figure 9 montre la construction d'un point courant C appartenant à l'arc de conduite 2 et d'un point courant F appartenant à l'arc de fermeture 3 du profil femelle 23, qui viendront, à des instants différents, en contact avec un même point U du profil mâle représenté à la figure 7. Le profil femelle auquel appartiennent les points F et C est tracé dans le même système d'axes O_mXY que le profil mâle. Le vecteur O_mC (non tracé) résulte de la composition, selon l'équation (II), d'un premier vecteur O_mC_3 qui est le vecteur O_mU de la figure 7 tourné de l'angle $(-\gamma/3)$, d'un second vecteur C_3C_4 de module E incliné de l'angle π sur O_mX et d'un troisième vecteur C_4C de module E incliné de l'angle $(2\gamma/3)$ sur O_mX . Le vecteur O_mF (non tracé) résulte de la composition, selon l'équation (III), d'un premier vecteur O_mF_3 qui est le vecteur O_mU de la figure 7 tourné de l'angle $(\kappa/3)$, d'un second vecteur F_3F_4 de module E incliné de l'angle π sur O_mX et d'un troisième vecteur F_4F de module E incliné de l'angle $(-2\kappa/3)$ sur O_mX .

La figure 10 montre, de la même manière que la figure 9, la construction d'un point courant C appartenant à l'arc de conduite 2 et d'un point courant F appartenant à l'arc de fermeture 3 du profil femelle 23, qui viendront, à des instants différents, en contact avec un même point U du

-18-

profil mâle représenté à la figure 8.

5 Dans les deux figures 9 et 10, on a tracé complètement l'hypertrochoïde à points doubles à laquelle appartiennent les arcs de fermeture dont la partie matérielle est limitée aux points tels que J où ils se raccordent aux arcs de conduite. Les parties non matérialisées de l'hypertrochoïde apparaissent sur ces figures en traits interrompus.

10 Les figures 11 à 19 décrivent l'évolution très caractéristique de la section droite d'une chambre délimitée par les profils mâle et femelle des figures 7 et 9, dans le mouvement planétaire du profil mâle relativement au profil femelle.

15 La section de la chambre considérée est hachurée dans toutes les figures où cette section présente une aire suffisante pour que ce soit possible. Dans chaque figure, on indique les sens des deux rotations qui composent le mouvement planétaire relatif. La flèche en trait plein symbolise la rotation du profil mâle autour du centre O_m qui n'est jamais désigné, mais identifié par un petit cercle noirci. La flèche en trait interrompu symbolise la rotation du centre O_m du profil mâle autour du centre O_f du profil femelle.

20 A chaque stade de l'évolution de la section de la chambre considérée, la forme de cette section est celle d'un croissant et les extrémités du croissant sont évidemment des points de contact des deux profils mâle et femelle.

25 Un point de contact est désigné par C_i lorsqu'il appartient à un arc de conduite ($i = 1, 2$ ou 3) et il est désigné par F quand il appartient à un arc de fermeture.

30 Pendant le mouvement relatif des deux profils, un point tel que C_i décrit indéfiniment l'arc de conduite i , dans un sens puis dans l'autre, tandis que F parcourt, toujours dans le même sens, l'hypertrochoïde à points doubles, mais n'est matériel et donc utile à la fermeture d'une chambre

35 que pendant le laps de temps où il parcourt les arcs de

-19 -

fermeture et il n'est représenté sur les figures 11 à 19 que pendant sa présence sur un seul arc de fermeture, où il est utile au raisonnement.

5 A la figure 11, le point C^1 arrive à l'extrémité de l'arc de conduite qu'il décrit, au moment où le point F entre sur l'arc de fermeture qui s'y raccorde. Les deux points C^1 et F coïncident et leur séparation va donner naissance à la chambre dont on va suivre l'évolution.

10 A la figure 12, les points C^1 et F se sont séparés et F a atteint un sommet du profil femelle. La section de la chambre considérée a commencé à croître.

A la figure 13, le point F a atteint l'extrémité de l'arc de fermeture au moment où ce même point est atteint, sur l'arc de conduite auquel il appartient aussi, par le point
15 C^3 . Le point F va disparaître et le point C^3 va le relayer pour fermer la section de la chambre considérée dont il va favoriser la croissance en rebroussant chemin le long de son arc de conduite.

20 A la figure 14, la section de la chambre considérée est limitée par les points C^1 et C^3 qui continuent de s'écarter l'un de l'autre le long du profil femelle.

A la figure 15, la section de la chambre considérée a atteint son maximum. Elle est encore limitée par les points C^1 et C^3 mais par rapport au mouvement qui
25 l'animait à la figure 13, C^1 a rebroussé chemin tandis que C^3 progresse toujours dans le même sens.

A la figure 16, les points C^1 et C^3 limitent encore la section de la chambre hachurée, mais C^1 et C^3 se rapprochent le long du profil femelle. La section de la
30 chambre est en décroissance.

A la figure 17, le point F réapparaît à l'extrémité de l'arc de fermeture au moment même où le point C^1 atteint cette extrémité et s'y arrête. La section de la chambre continue à décroître.

35 A la figure 18, le point F a relayé le point C^1 comme extrémité de la section de la chambre. F a atteint le

-20 -

sommet de l'arc de fermeture, les points C^3 et F progressant l'un vers l'autre. La section de la chambre va bientôt s'annuler.

A la figure 19, enfin, les points F et C^3 se sont rejoints et la section de la chambre s'est évanouie.

5 La figure 20 présente une coupe axiale dans une machine conforme à l'invention, comportant un capsulisme hélicoïdal, où la pièce femelle appartient au stator - la surface femelle s'identifie à la surface statorique - et
10 où le mouvement planétaire de la pièce mâle est donc absolu.

Il s'agit d'un moteur de fond utilisé dans les forages profonds et animé par la boue de forage, dans lequel le profil mâle correspond à une hypertrochoïde répondant à
15 l'équation (I) avec $k=1$ et $n_m=2$ (premier exemple de la manière directe de définir un profil mâle).

On y reconnaît le rotor 5 limité extérieurement par la surface rotorique 50 et le corps tubulaire statorique 4 limité intérieurement par la surface statorique 40. Le
20 rotor 5 est guidé dans son mouvement planétaire par les contacts linéiques entre surfaces statorique et rotorique et il est lié à l'arbre primaire 6 par l'arbre intermédiaire 7 qui, par l'intermédiaire de liaisons toriques matérialisées par les joints de Cardan 8 et 9,
25 est lié respectivement avec le rotor 5 et avec l'arbre primaire 6. Cet arbre primaire 6 interdit tout mouvement de translation axiale du rotor 5 par sa liaison rotoïde avec l'élément 10 du stator, liaison réalisée par les paliers lisses radiaux 11 et 12 et la butée 13 à multiples
30 rangées d'éléments roulants.

La boue de forage qui entre dans le capsulisme par sa section d'extrémité ouverte 60 en sort par son extrémité ouverte 70 et est ensuite dirigée vers l'outil de forage fixé à l'embout 14 par l'assemblage fileté 15, en passant
35 par les orifices 16 et l'alésage 17 de l'arbre primaire.

La figure 21 est une coupe axiale complète à plus grande échelle du capsulisme du moteur de la figure 20, complétée

de trois sections droites dans ce capsulisme.

On y retrouve le corps tubulaire statorique 4 et le rotor 5 dont les profils respectifs 23 et 1 apparaissent dans les coupes transversales, ainsi qu'une partie de l'arbre intermédiaire 7 et sa liaison torique 8 avec le rotor.

La figure 22 représente en coupe axiale une partie du capsulisme représenté à la figure 21, à une échelle encore agrandie pour permettre la visualisation des lignes de contact telles que Γ_1 et Γ_2 qui se coupent en un point $J = A$. Il apparaît que les lignes de contact ferment axialement en pointe les chambres qu'elles délimitent, ce qui est le cas pour toutes les machines hélicoïdales objet de l'invention mais ne l'est pour aucune autre machine connue du même type où l'ordre de symétrie du profil femelle excède d'une unité celui du profil mâle.

La figure 23 est une coupe axiale dans une machine conforme à l'invention, comportant un capsulisme hélicoïdal, où les pièces mâle et femelle du capsulisme sont l'une et l'autre en liaison rotoïde avec le stator.

La figure 24 est une coupe transversale selon AA de la machine représentée à la figure 23. Cette machine est un compresseur à vis pour gaz chargé de lubrifiant, de sorte que la pièce mâle 5 limitée extérieurement par la surface mâle 50 à laquelle appartient le profil mâle 1 peut entraîner directement le corps tubulaire 4 limité intérieurement par la surface femelle 40 à laquelle appartient le profil femelle 23, sans intervention d'un engrenage extérieur au capsulisme.

On reconnaît encore sur ces deux dernières figures, le stator comportant une partie tubulaire 10, un flasque 100 par la tubulure 101 duquel se fait l'admission du fluide dans la machine et un flasque 110 par où se fait, en 11, la sortie du fluide comprimé vers l'extérieur de la machine. Le flasque 110 n'apparaît évidemment que dans la figure 23. Sur cette même figure, on aperçoit aussi, dans

-22-

les flasques 100 et 110 respectivement, les roulements 151 et 152 qui matérialisent la liaison rotoïde de la pièce mâle 1 avec le stator ainsi que les roulements 141 et 142 qui matérialisent la liaison rotoïde entre le corps tubulaire 4 et la partie tubulaire 10 du stator.

5 L'admission du fluide dans le capsulisme depuis le flasque 100 se fait par la section extrême ouverte 60 du capsulisme et l'échappement du fluide comprimé vers le flasque 110 se fait par des lumières telles que 41,

10 ouvertes dans la surface femelle et contrôlées par les clapets tels que 42 (figure 24). Le flasque 110 obture complètement la section terminale 70 du capsulisme.

La figure 25 est une coupe perpendiculaire aux axes de surfaces mâle 50 et femelle 40 dans un compresseur conforme à l'invention où le capsulisme est cylindrique (cas de dégénérescence).

15

La figure 26 est une coupe par un plan contenant l'axe de la surface femelle 40 dans ce même compresseur.

On peut voir, dans le compresseur illustré aux figures 25 et 26, la pièce femelle 4 (corps tubulaire), fermée par des flasques d'extrémité 503 et 504 et la pièce mâle 5 articulée sur un arbre coudé 500 en liaison rotoïde avec les flasques 503 et 504 appartenant au stator. Les roulements à aiguilles 501 et 502 matérialisent l'articulation de la pièce mâle 5 sur l'arbre coudé 500,

20 les roulements 505 et 506 matérialisant la liaison rotoïde entre l'arbre coudé 500 et les flasques 503 et 504 appartenant au stator, la poulie 507 est calée sur l'arbre coudé 500. Le gaz chargé de lubrifiant, comprimé dans cette machine, est aspiré au travers des clapets tels que

25 508 logés dans le flasque 504 et il est refoulé au travers des orifices tels que 509 qui sont munis de clapets tels que 510.

30

Sur la figure 25, on distingue en outre les arcs de conduite 511, 512 et 513, les arcs de fermeture 514, 515

-23 -

et 516, ainsi que les points de jonction tels que J en lesquels ils se raccordent deux à deux. L'ensemble de ces six arcs s'identifie au profil femelle tracé à une autre échelle sur la figure 4.

5 La figure 27 est une coupe partielle dans une machine conforme à l'invention qui ne diffère de celle représentée aux figures 25 et 26 que par la non-matérialisation des arcs de fermeture tels que 3, qui sont remplacés par des arcs tels que 603 qui leur sont extérieurs, le contact
10 correspondant au point de fermeture n'étant plus matériel.

La figure 28 représente le capsulisme hélicoïdal d'une autre machine conforme à l'invention où la surface femelle 40 appartenant au corps tubulaire statorique 4 est matérialisée sur une longueur égale à deux pas P_f et où ce
15 corps tubulaire est coupé en $6=2(n_m+1)$ tronçons identiques 401 à 406. Cette figure est une coupe axiale du capsulisme complétée d'une section droite dans le plan de joint 410. Les tronçons 401 à 406 sont emmanchés dans le tube 411 et y sont comprimés par les embouts 412 et 413 vissés dans
20 les extrémités filetées de ce tube 411. Chaque tronçon est repéré angulairement par rapport aux tronçons voisins par des broches telles que 414 engagées dans des alésages tels que 415 débouchant dans les plans de joint tels que 410. On reconnaît enfin sur cette figure la pièce mâle 5 et la
25 surface hélicoïdale mâle de profil 50.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Machine volumétrique rotative dans laquelle le capsulisme est formé par une pièce mâle (5) et une pièce femelle (corps tubulaire) (4) qui l'entoure, dans laquelle la surface extérieure de la pièce mâle (surface mâle) (50) et la surface intérieure de la pièce femelle (surface femelle) (40), qui délimitent et déplacent par l'évolution de leurs contacts linéiques les chambres de travail, sont des surfaces hélicoïdales dont les axes sont parallèles et distants d'une longueur E, définies autour de ces axes par le profil nominal qu'elles présentent dans toute section droite du capsulisme et par leur pas respectifs P_m et P_f , dans laquelle le profil (1) de la surface mâle (profil mâle) présente une symétrie d'ordre n_m autour de son centre O_m et une symétrie par rapport aux demi-droites issues de O_m passant par les points de rayon polaire extrémal, dans laquelle le profil (23) de la surface femelle (profil femelle) présente une symétrie d'ordre $n_m + 1$ autour de son centre O_f , dans laquelle, le rapport des pas P_f / P_m est égal à $(n_m+1)/n_m$, dans laquelle le profil mâle est inscrit dans la couronne circulaire de centre O_m , de demi-largeur E et de rayon moyen R^o_m (couronne contenant le profil mâle), cette dimension déterminant l'échelle de la section droite du capsulisme, dans laquelle le profil femelle est inscrit dans la couronne circulaire de centre O_f , de demi-largeur E et de rayon moyen $R^o_m + E$ (couronne contenant le profil femelle), dans laquelle la pièce mâle (5) est en mouvement planétaire relatif par rapport à la pièce femelle (4), la première rotation composant ce mouvement planétaire

-25-

amenant l'axe de la surface mâle à décrire, à une vitesse ω autour de l'axe de la surface femelle, un cylindre de révolution de rayon E et la seconde rotation composant le mouvement planétaire amenant la pièce mâle à tourner autour de son axe à la vitesse $-\omega/n_m$,

5 CARACTERISEE EN CE QUE le profil mâle (1) est tel que, entre deux rayons polaires extrémaux successifs, un point courant U qui le parcourt depuis le point de rayon polaire maximal (R_{max}) jusqu'au point de rayon polaire minimal
10 (R_{min}) (rayon polaire dont la décroissance est monotone), passe par un point A, fixe sur le profil, dont le rayon polaire RA_0 , sa dérivée première RA_1 par rapport à l'angle polaire ainsi que sa dérivée seconde RA_2 par rapport à l'angle polaire satisfont simultanément les deux relations
15 suivantes :

$$n_mE = RA_0 \cdot \sin\{\arctg(-RA_1/RA_0)\}$$

$$RA_2/RA_0 = - (RA_1/RA_0)^4$$

avec

$$R_{max} - R_{min} = 2 E ,$$

20 EN CE QUE le profil femelle nominal (23) s'identifie à l'enveloppe extérieure matérialisable complète du profil mâle (1) satisfaisant à la caractérisation précédente, dans le mouvement planétaire relatif,

25 EN CE QUE, outre les n_m+1 points de contact qui existent en permanence entre les profils mâle et femelle (points de conduite) sur n_m+1 arcs disjoints du profil femelle (2) (arcs de conduite), que chacun d'eux parcourt dans un mouvement de va-et-vient, il existe, pour certaines configurations, un point de contact supplémentaire (point de fermeture) qui parcourt sur le profil mâle, dans un
30 seul sens et successivement, tous les segments tels que R_{maxA} , et, sur le profil femelle, dans le même sens et successivement, n_m+1 arcs disjoints (3) (arcs de fermeture) qui se raccordent tangentiellement aux arcs de conduite,

35 ET EN CE QUE les chambres de travail de la machine sont

-26-

fermées en pointe dans la section où le point de fermeture vient en contact avec un point de conduite.

2. Machine volumétrique rotative conforme à la revendication 1 CARACTERISEE EN CE QUE le profil mâle (1) est une hypertrochoïde dont l'équation s'écrit, dans le plan complexe O_mXY où O_mX est porté par un demi-axe de symétrie du profil mâle sur lequel son rayon polaire est maximal :

$$ZU = XU + iYU = R_m^0 \exp(i\kappa) + E[1 + (k/2)(n_m - 1)] \exp[i(1 - n_m)\kappa] \dots$$

$$\dots - kE[(1/2)(n_m - 1)] \exp[i(1 + n_m)\kappa] \quad (I)$$

équation dans laquelle $\exp i$ désigne la fonction exponentielle imaginaire, dans laquelle l'angle κ est le paramètre de configuration relatif au point courant U , dans laquelle on fait

$$n_m > 1$$

et dans laquelle on fait au choix

$$k=1 \text{ avec } E/R_m^0 \leq 1/(n_m^2 - 1),$$

$$\text{ou } k=0 \text{ avec } E/R_m^0 < 1/(n_m - 1).$$

3. Machine volumétrique rotative conforme à la revendication 2, CARACTERISEE EN CE QUE les profils mâle (1) et femelle (23) sont les courbes à la même distance uniforme D de profils mâle et femelle définis par les équations ci-dessus avec $k=0$, formant un capsulisme fictif où l'entraxe E du capsulisme réel, où les couronnes contenant le profil mâle a un rayon moyen égal à $R_m^0 - D$ et où la couronne contenant le profil femelle a un rayon moyen égal à $R_m^0 + E - D$, la distance D étant comptée positivement dans le sens centrifuge et toute courbe à une distance D négative des profils formant le capsulisme fictif ne pouvant être retenue que si elle ne présente aucun point double.

FEUILLE DE REMPLACEMENT
ISA/EP

-27 -

4. Machine volumétrique rotative conforme à la revendication 1, CARACTERISEE EN CE QUE le profil mâle (1) est défini comme l'enveloppe intérieure d'un demi-arc de conduite (2) appartenant au profil femelle (23), d'extrémités M et J, construit de manière telle :

5 - que M soit à la distance R_m^o du centre O_f , la normale g_m au demi-arc de conduite en M passant par O_f et coupant par conséquent la circonférence C_{pf} centrée sur O_f et de rayon $(n_m + 1)E$ en deux points diamétralement opposés M_1 et M_2

10 [on impose que R_m^o soit supérieur à $(n_m - 1)E$ et que l'angle (M O_f J) soit inférieur à $2\pi/(n_m + 1)$],

- que J soit à la distance R_J (supérieure à R_m^o) du centre O_f et que la normale g_J au demi-arc de conduite en J soit tangente à la circonférence C_{pf} au point J_1 confondu avec

15 le point J_2 ,

- et que, pour tout point C compris entre M et J, la normale g_C au demi-arc de conduite coupe la circonférence C_{pf} en deux points C_1 et C_2 , le point C_1 se déplaçant de M_1 vers J_1 et le point C_2 se déplaçant de M_2 vers J_2

20 lorsque C parcourt le segment MJ, le demi-arc de conduite étant par ailleurs choisi librement.

5. Machine volumétrique rotative conforme à la revendication 4, CARACTERISEE EN CE QUE les surfaces mâle (50) et femelle (40) dégénèrent en surfaces cylindriques (les rapports $1/P_m$ et $1/P_f$ tendent vers zéro), et sont

25 donc entièrement définies par leur section droite (profil) (1 et 23), EN CE QUE les chambres de travail sont fermées axialement par des flasques (503 et 504) ET EN CE QUE le fluide peut être admis radialement dans le capsulisme cylindrique et/ou s'en échapper de la même manière (509 et

30 510), les arcs de conduite (2) enveloppant une hypertrochoïde (1) étant exclus.

6. Machine volumétrique rotative conforme à la revendication 5, CARACTERISEE EN CE QUE les arcs de fermeture (3) sont remplacés par des arcs (603) qui leur

-28-

sont extérieurs, le contact correspondant au point de fermeture n'étant plus matériel.

- 5 7. Machine volumétrique rotative conforme à la revendication 1, CARACTERISEE EN CE QUE le corps tubulaire (4) est réalisé en plusieurs tronçons identiques (401 à 406), de faible élanement, limités par des plans perpendiculaires à l'axe (410), repérés et assemblés (414 et 415) pour constituer un seul organe.

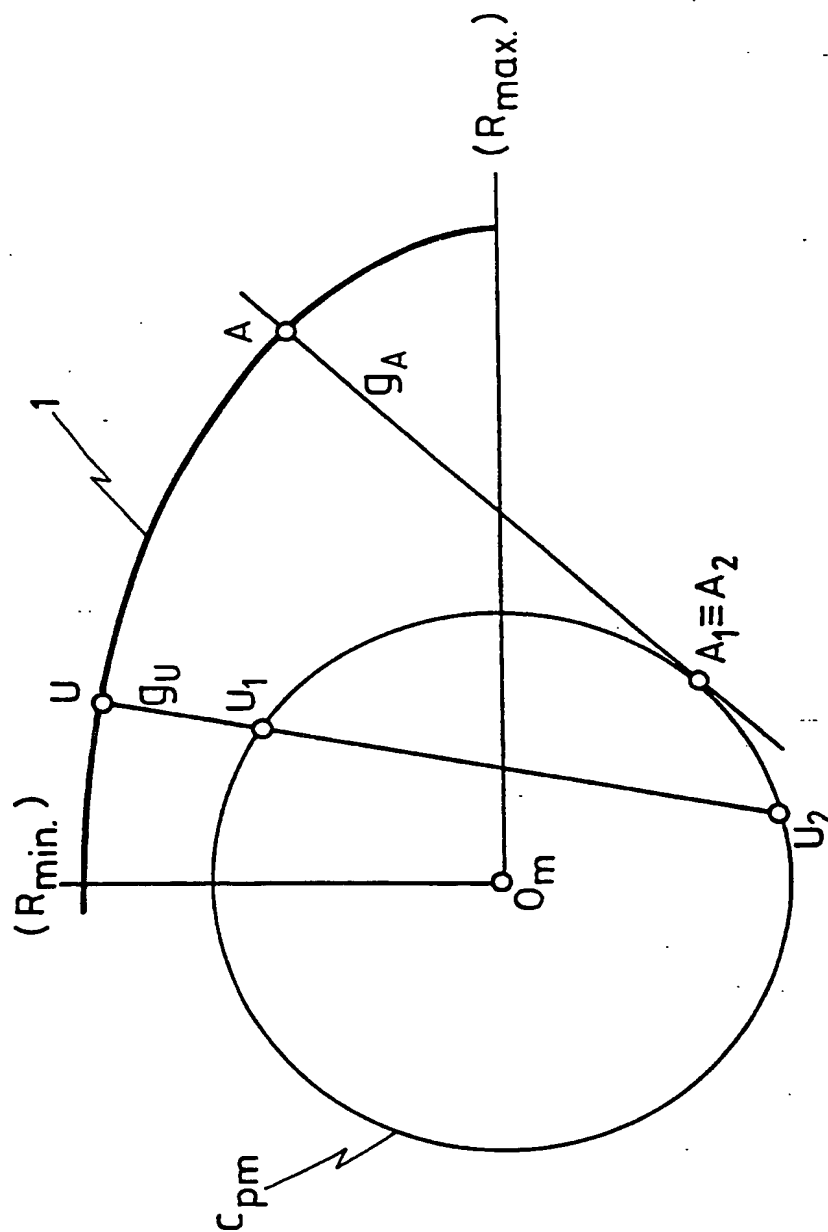


Fig. 2

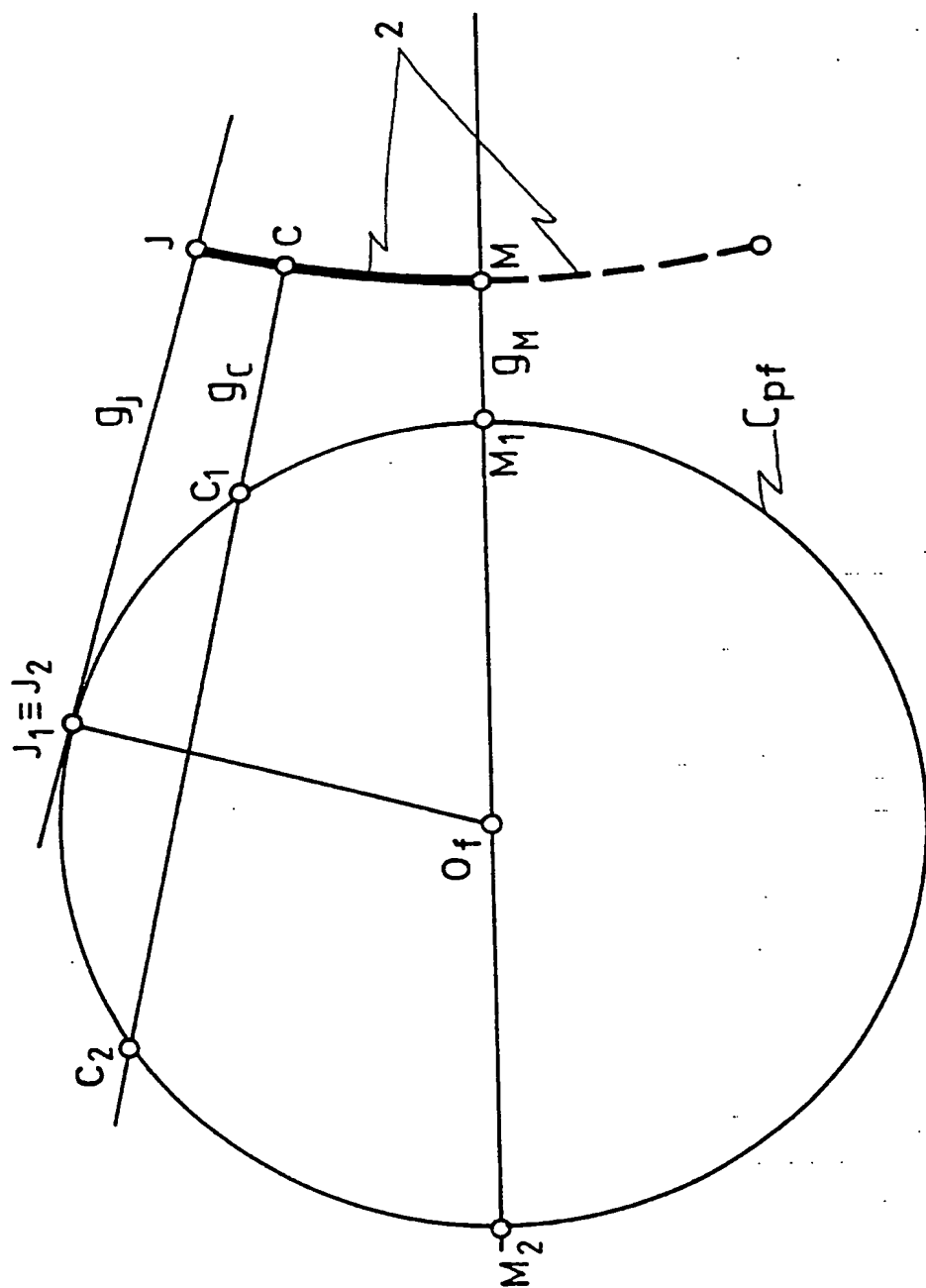


Fig. 3

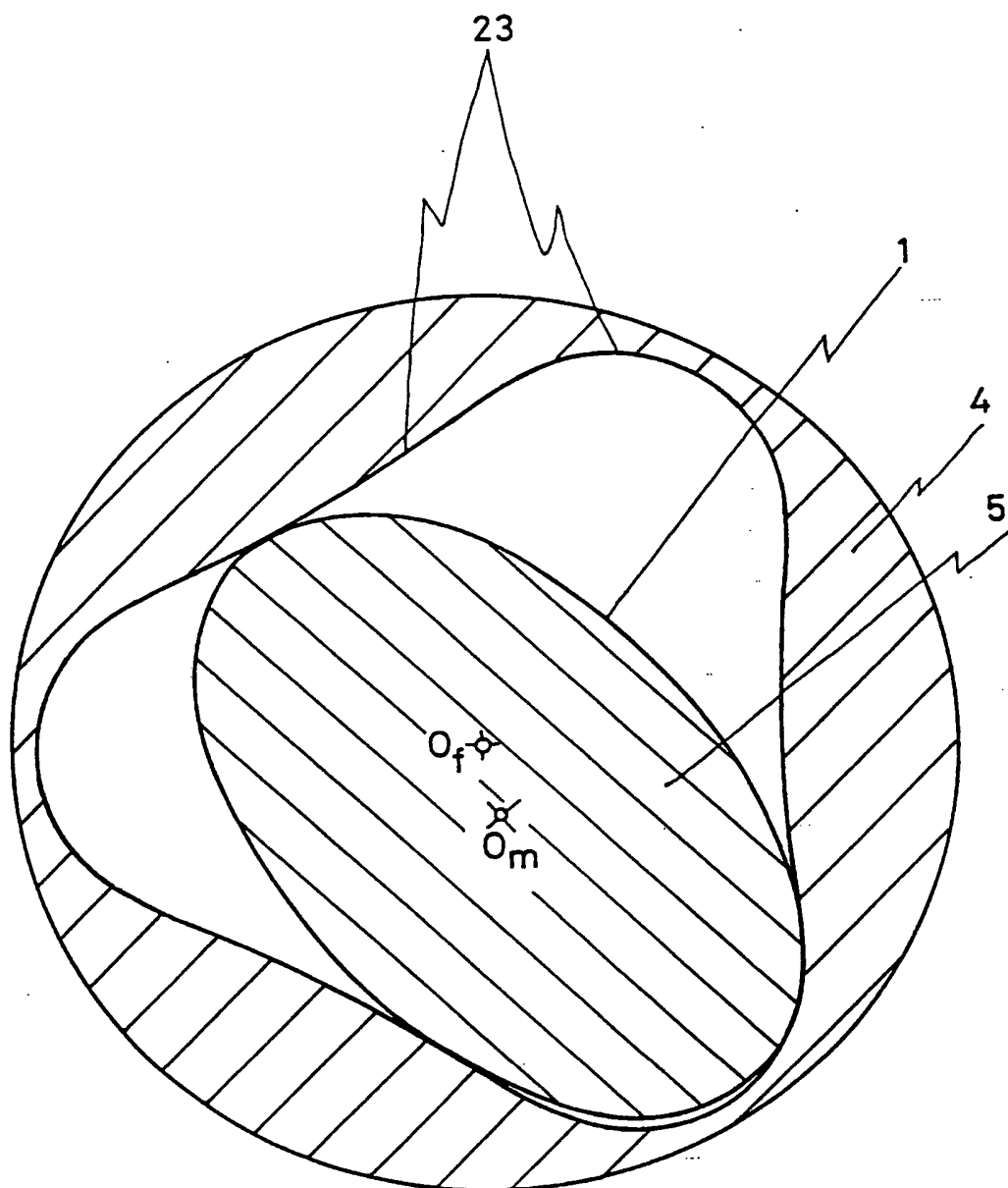


Fig. 4

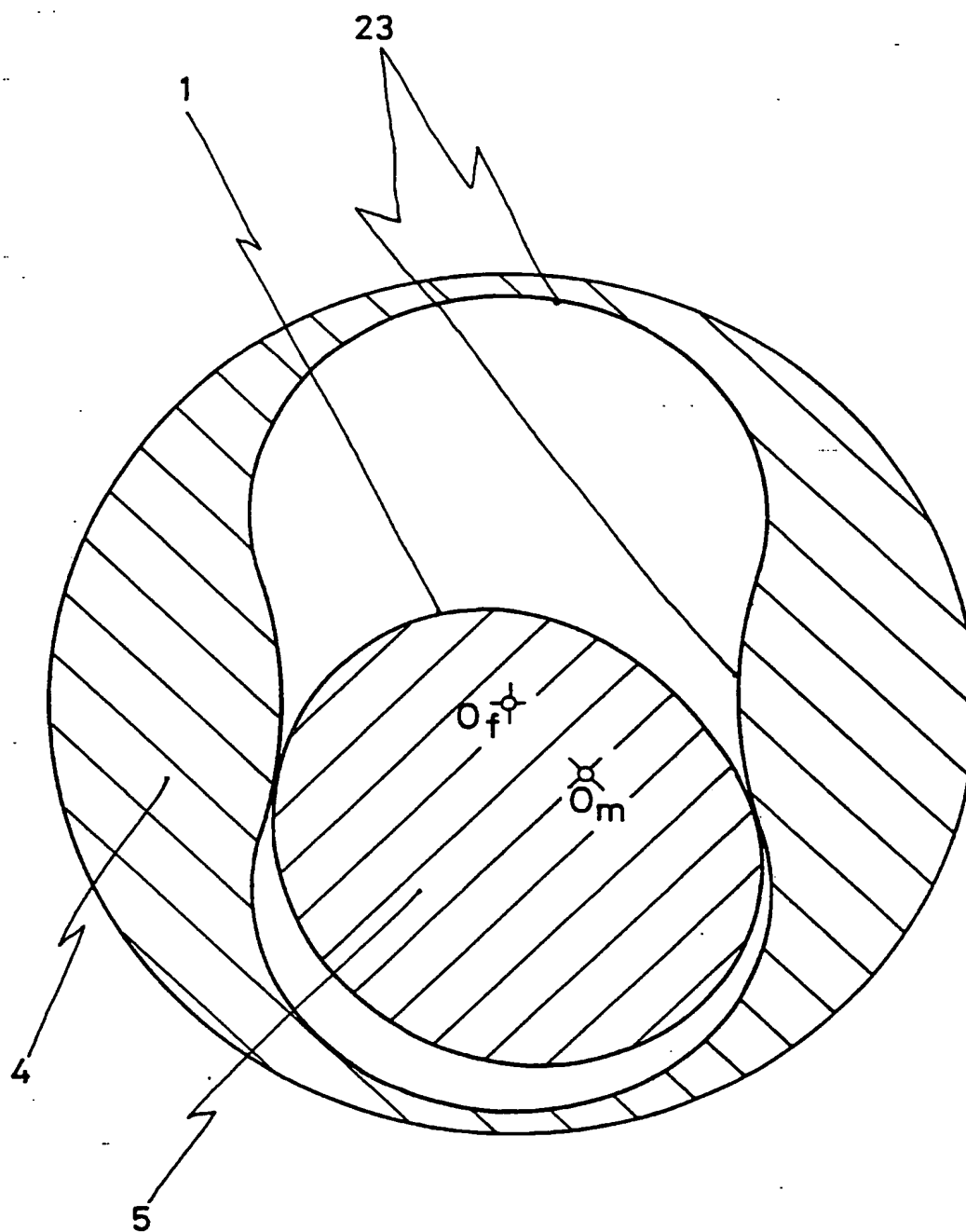


Fig. 5

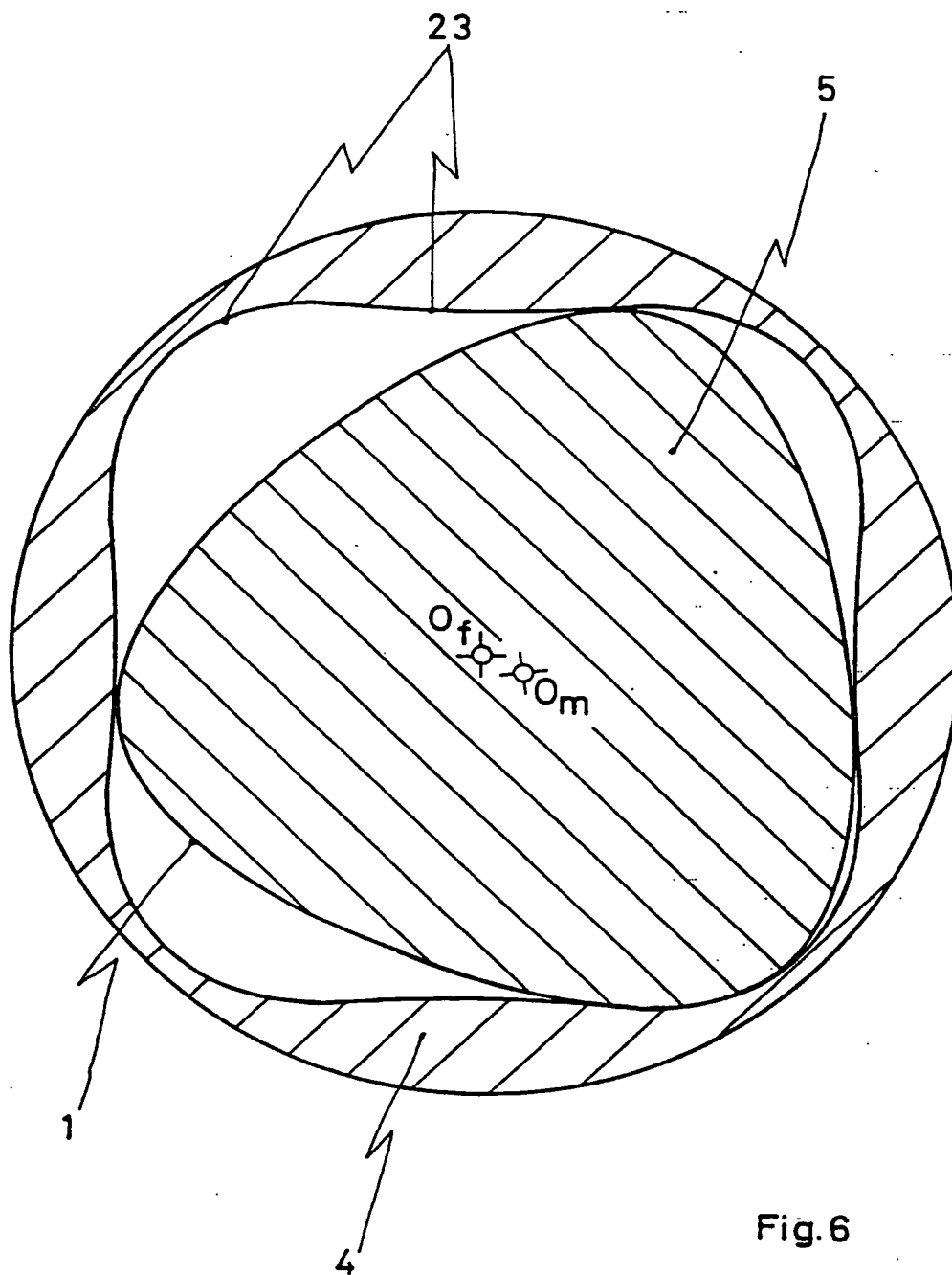


Fig.6

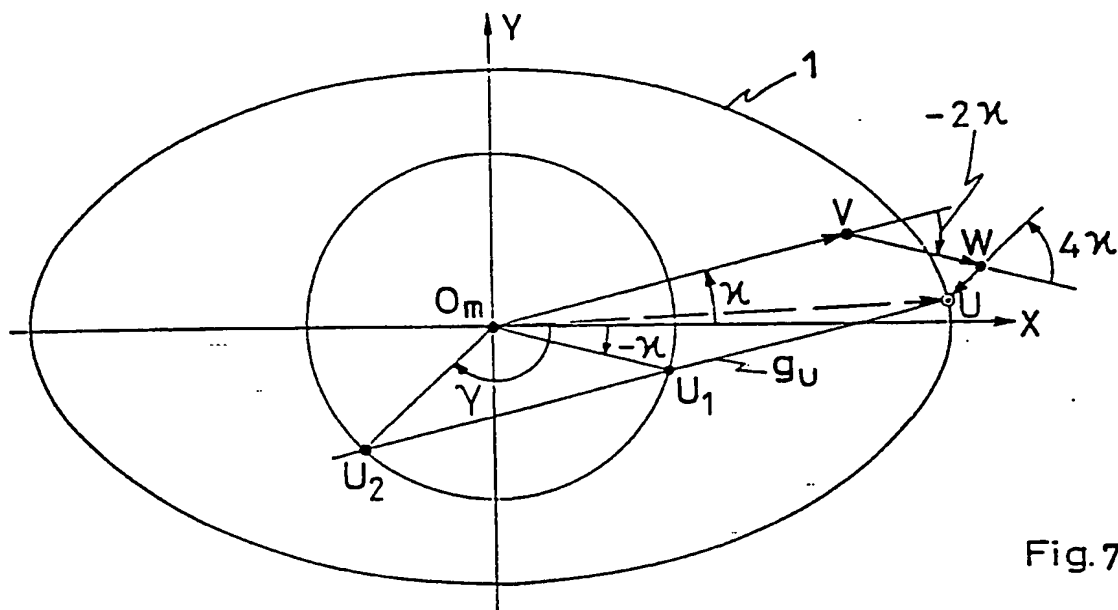


Fig.7

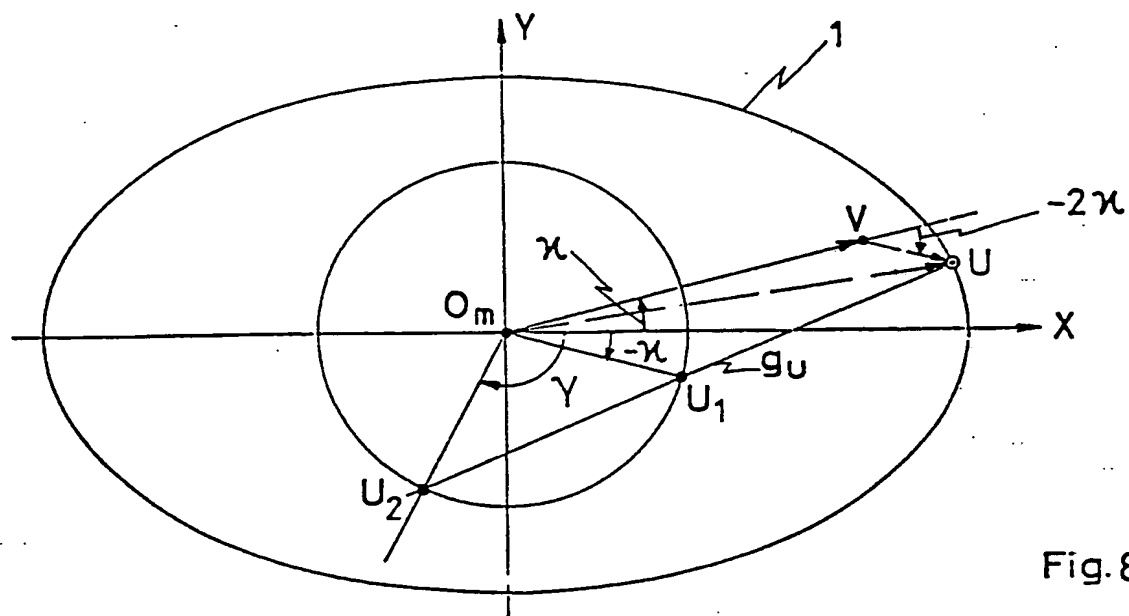


Fig.8

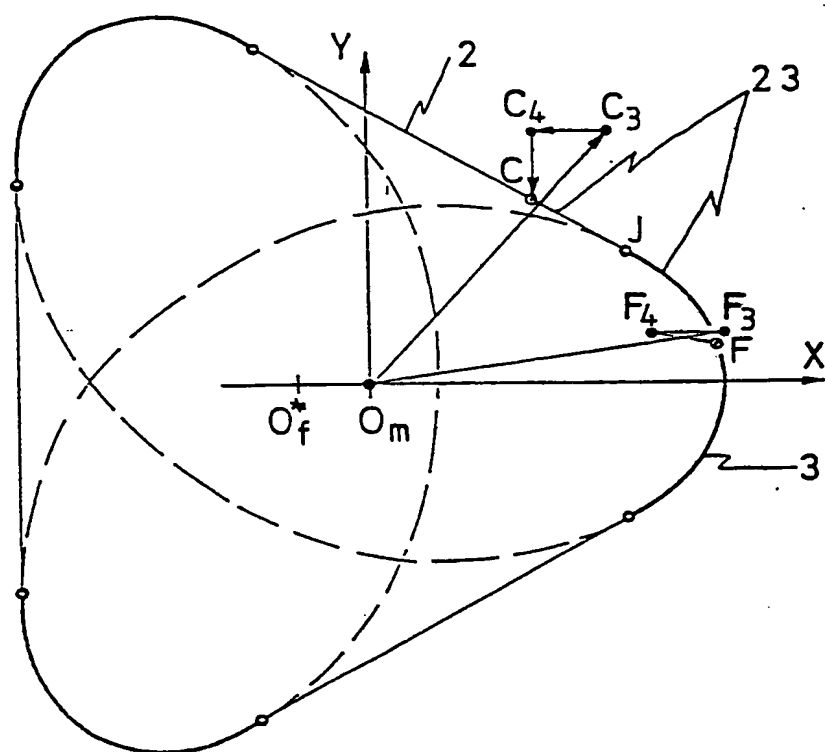


Fig.9

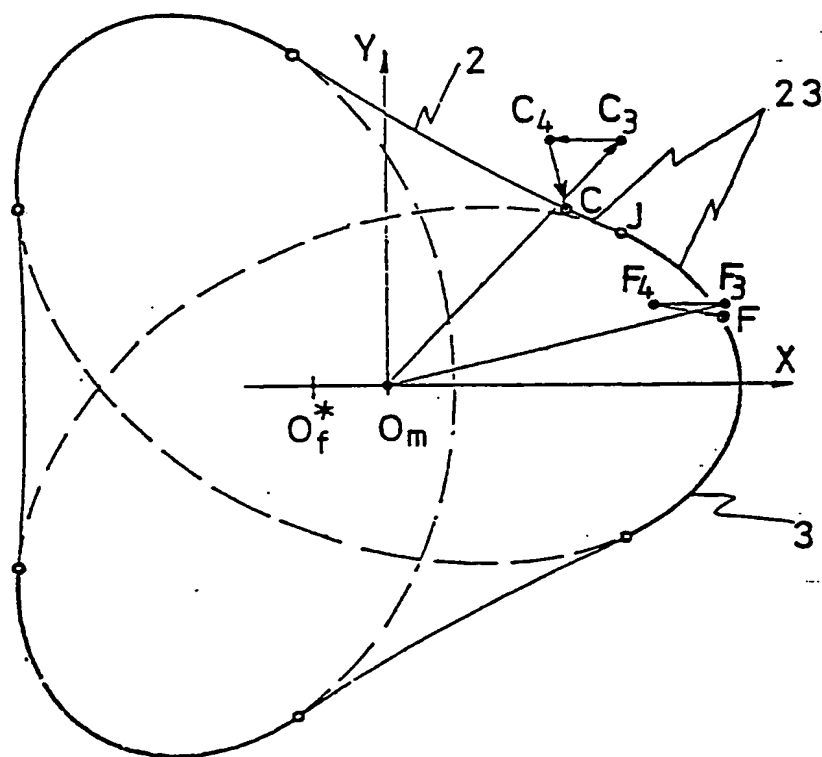


Fig.10

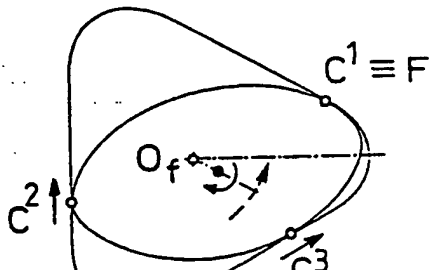


Fig.11

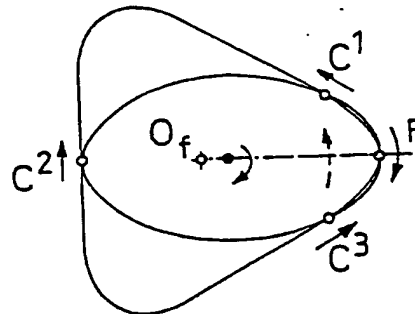


Fig.12

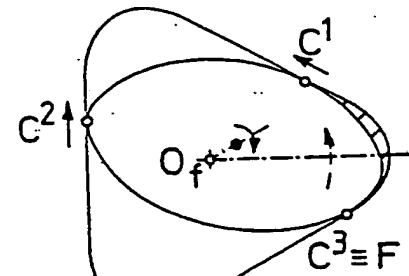


Fig.13

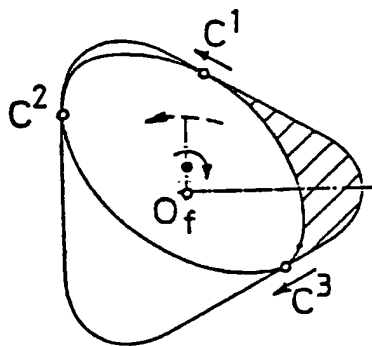


Fig.14

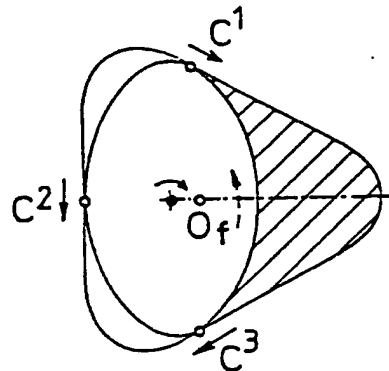


Fig.15

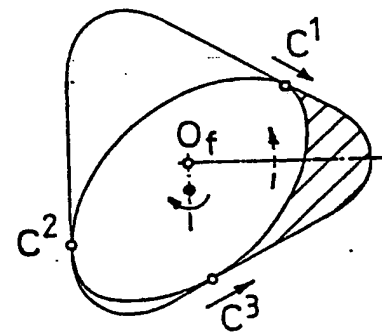


Fig.16

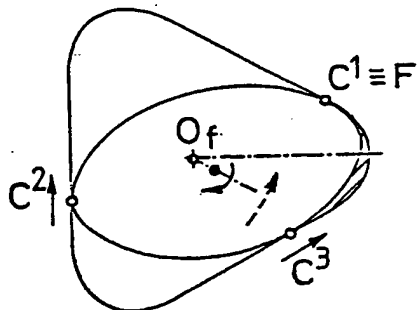


Fig.17

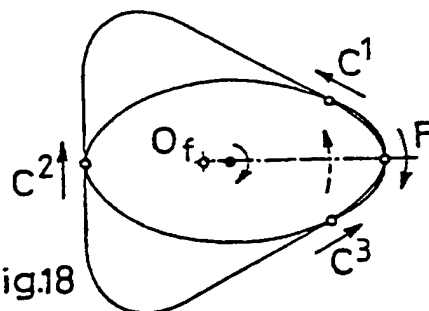


Fig.18

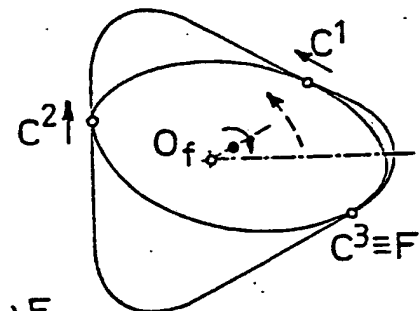


Fig.19

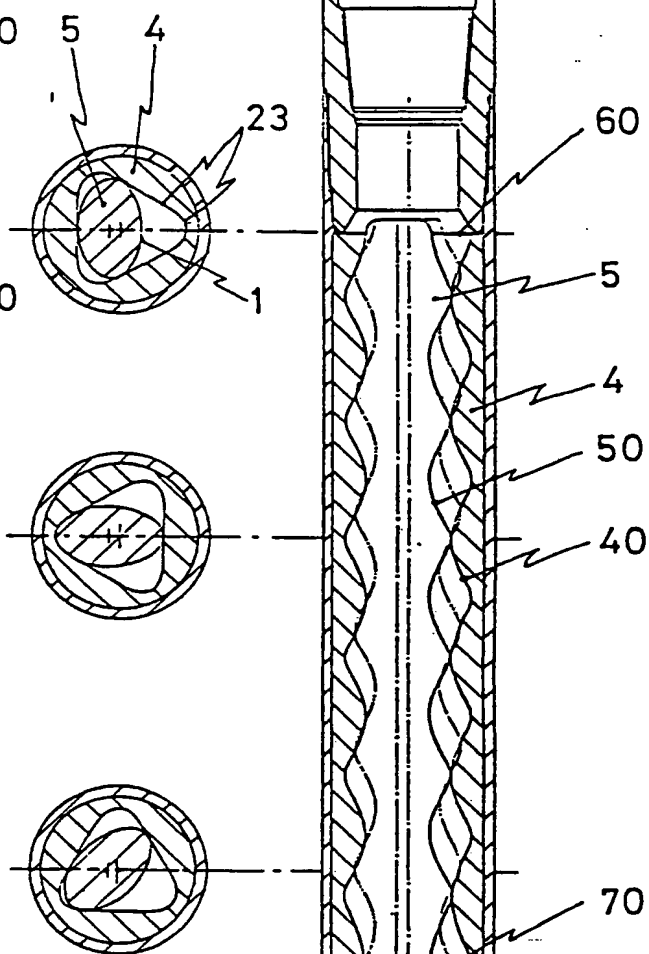
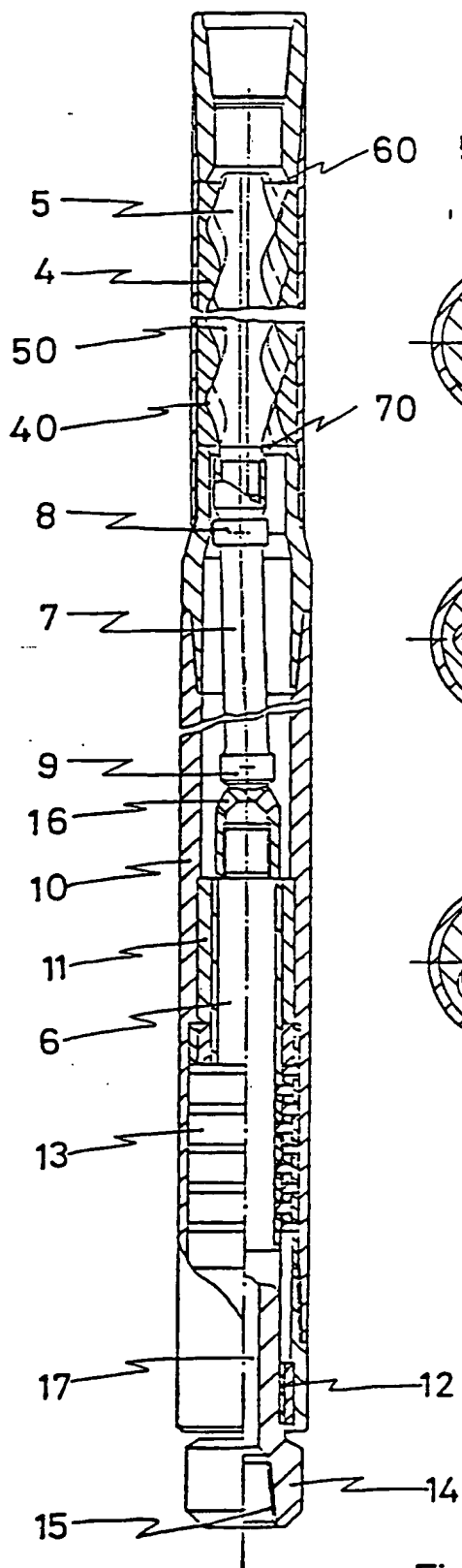


Fig. 20

Fig. 21

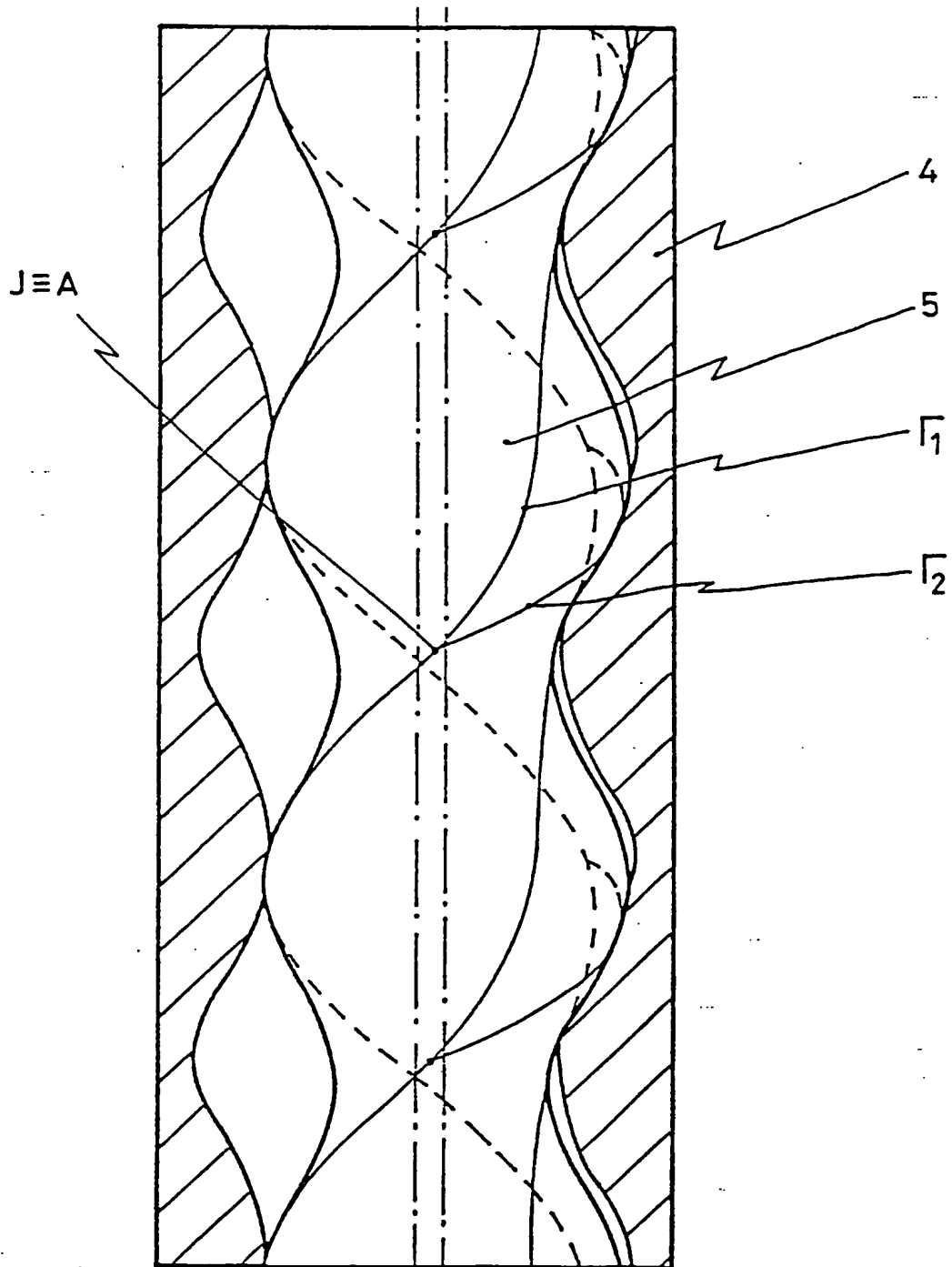
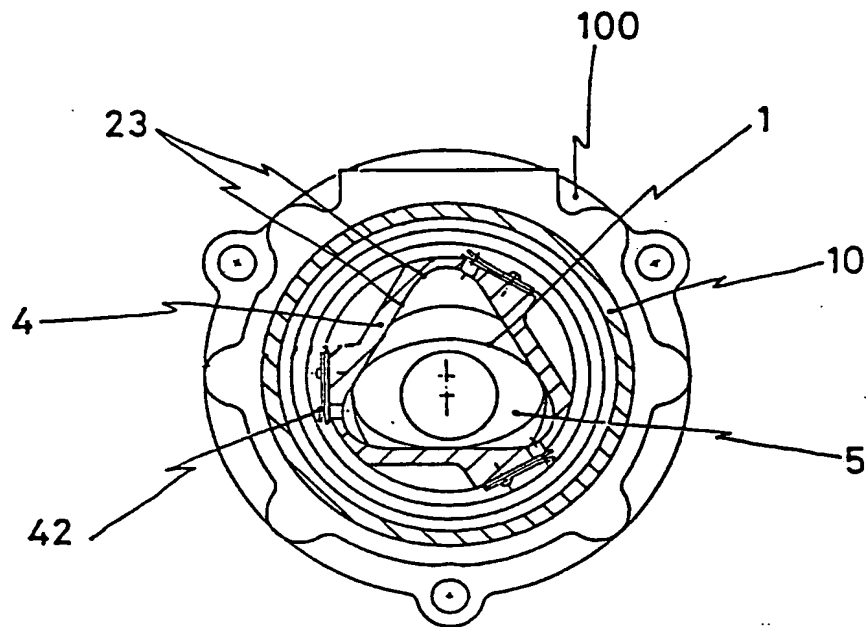
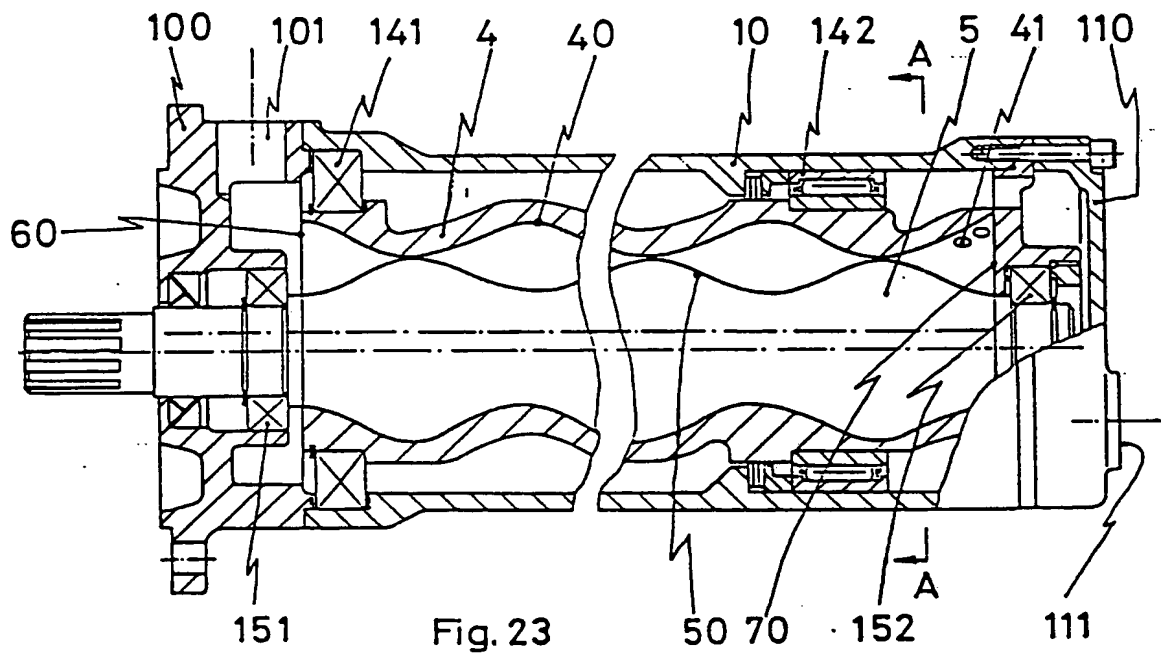
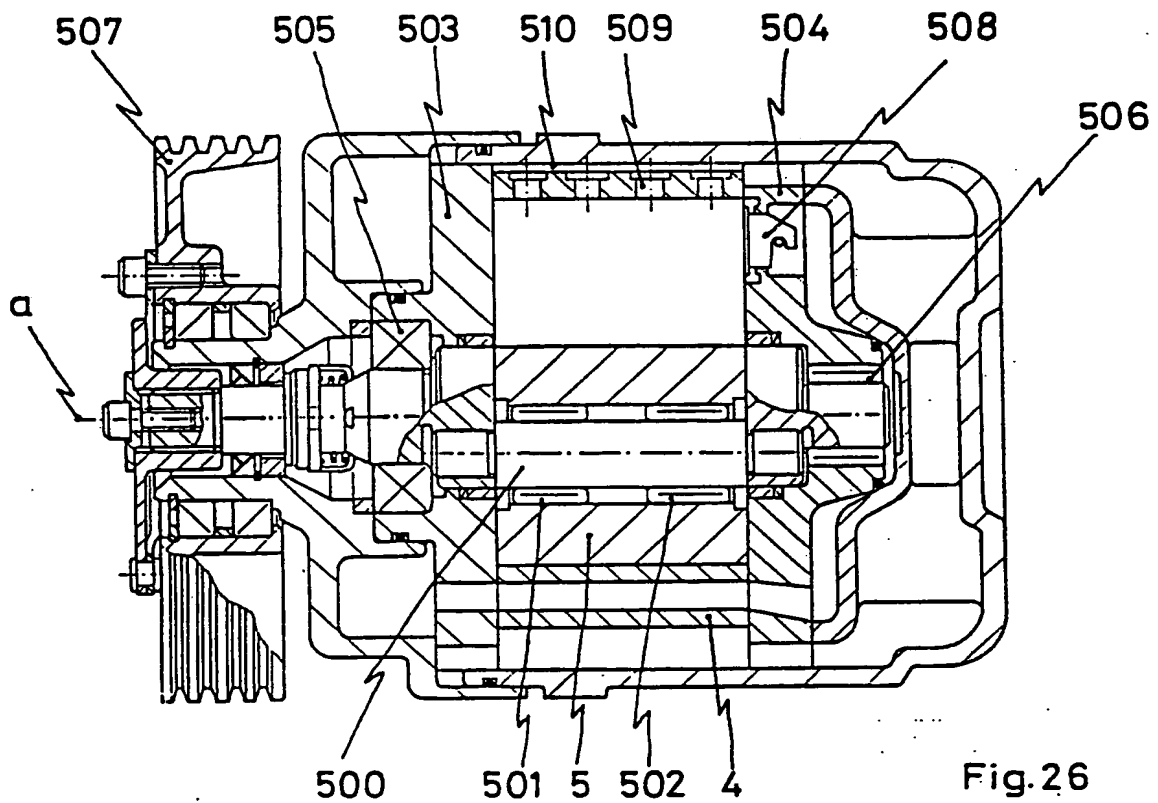
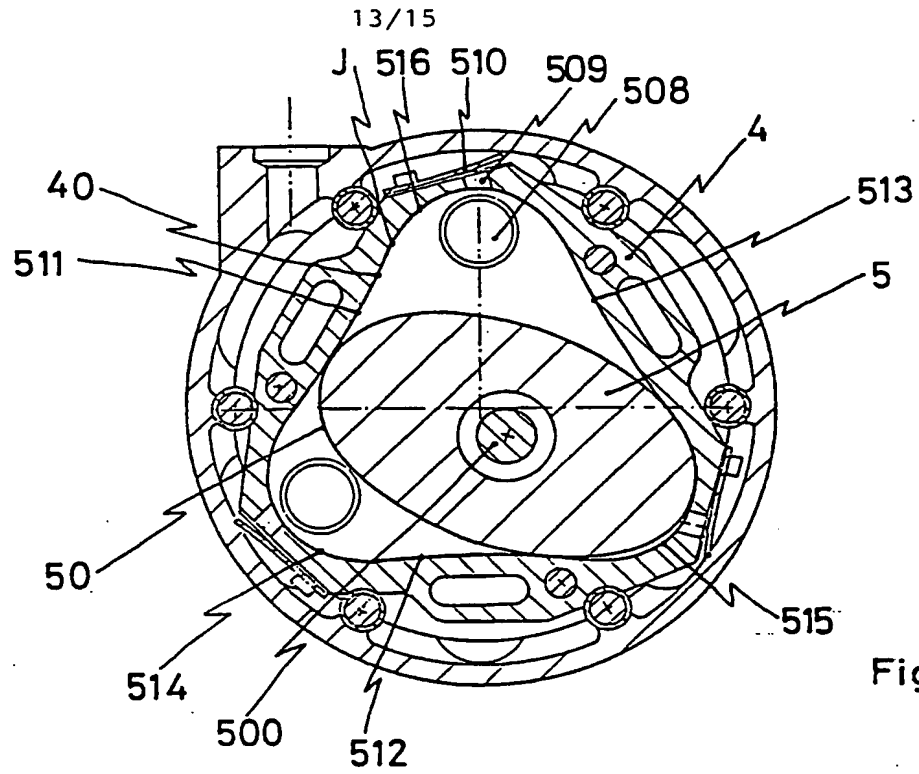


Fig.22





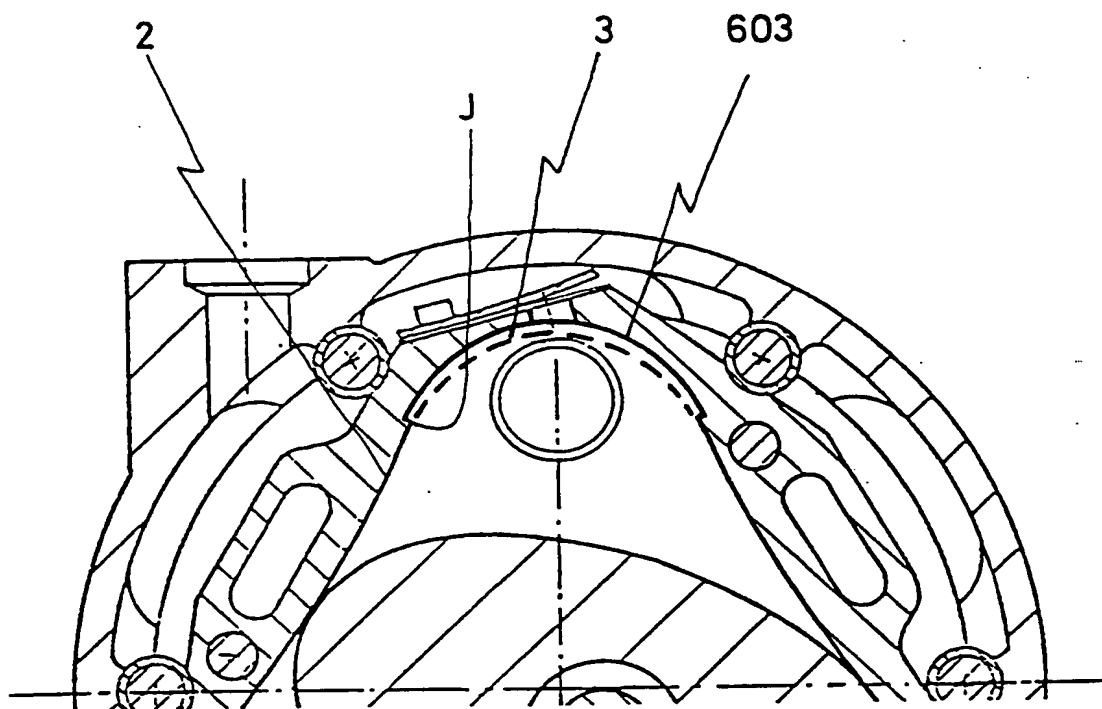


Fig. 27

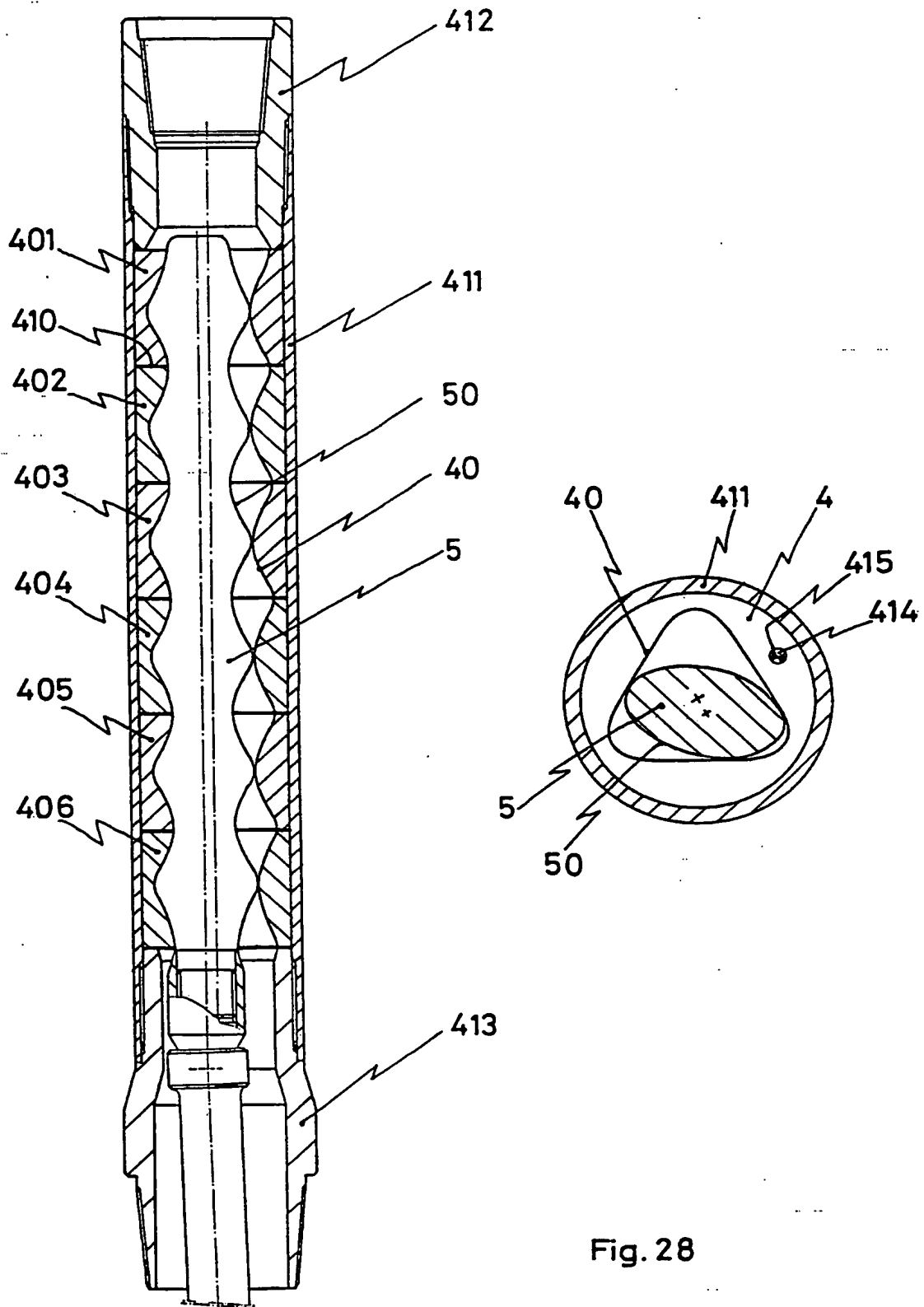


Fig. 28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR 92/01010

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl.⁵ F04C2/107

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.⁵ F04C ; F01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR,A,997 957 (MOINEAU) 14 January 1952 see the whole document	1
A	US,A,3 975 120 (TSCHIRKY) 17 August 1976 see the whole document	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 February 1993 (17.02.93)

Date of mailing of the international search report

25 February 1993 (25.02.93)

Name and mailing address of the ISA

EUROPEAN PATENT OFFICE

Facsimile No.

Authorized officer:

Telephone No.

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

FR 9201010
SA 67324

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 17/02/93

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR-A-997957		None	
US-A-3975120	17-08-76	US-A- 3999901	28-12-76
		US-A- 3975121	17-08-76
		US-A- 3982858	28-09-76

EPO FORM P047

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

PCT/FR 92/01010

Demande Internationale No

I. CLASSEMENT DE L'INVENTION (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) ⁷		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB <div style="margin-left: 40px;">CIB 5 F04C2/107</div>		
II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée ⁸		
Système de classification	Symboles de classification	
CIB 5	F04C ; F01C	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté		
III. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS ¹⁰		
Catégorie ⁹	Identification des documents cités, avec indication, si nécessaire, ¹² des passages pertinents ¹³	No. des revendications visées ¹⁴
A	FR,A,997 957 (MOINEAU) 14 Janvier 1952 voir le document en entier <div style="text-align: right;">---</div>	1
A	US,A,3 975 120 (TSCHIRKY) 17 Août 1976 voir le document en entier <div style="text-align: right;">-----</div>	1
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>⁹ Catégories spéciales de documents cités:¹¹</p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>"T" document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier.</p> <p>"A" document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
IV. CERTIFICATION		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée <div style="margin-left: 40px;">17 FEVRIER 1993</div>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale <div style="margin-left: 40px; text-align: center;">25. 02 93</div>
Administration chargée de la recherche internationale <div style="margin-left: 40px; text-align: center;">OFFICE EUROPEEN DES BREVETS</div>		Signature du fonctionnaire autorisé <div style="margin-left: 40px; text-align: center;">DIMITROULAS P.</div>

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE
RELATIF A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO.**

FR 9201010
SA 67324

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche internationale visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 17/02/93.
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

17/02/93

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR-A-997957		Aucun	
US-A-3975120	17-08-76	US-A- 3999901	28-12-76
		US-A- 3975121	17-08-76
		US-A- 3982858	28-09-76

EPO FORM P047

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.